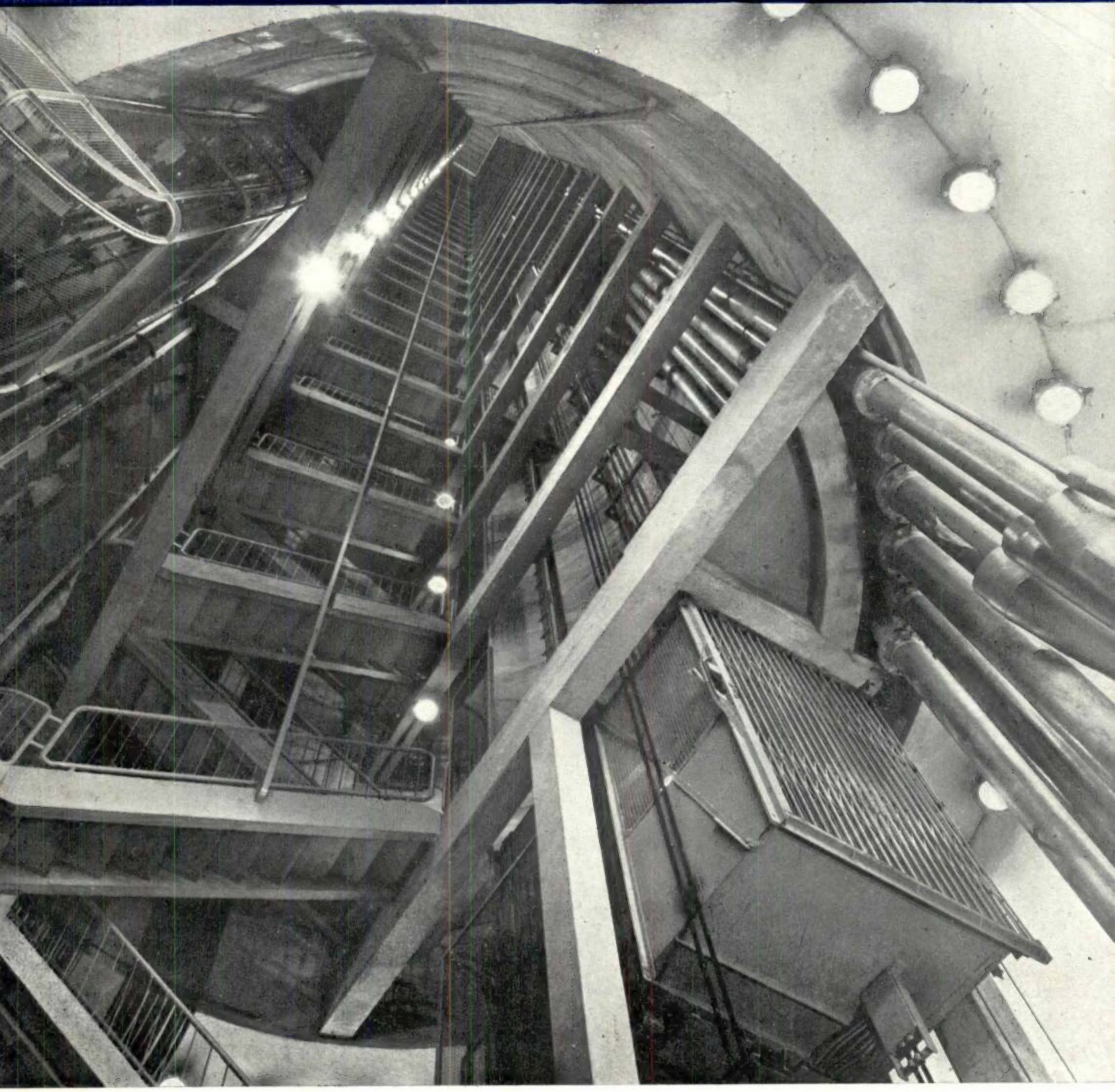
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 262-MAIO-1956

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 262 Maio de 1956

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

ADMINISTRADOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

SECRETÁRIO

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

CORPO REDACTORIAL

EDUARDO ARANTES E OLIVEIRA

FERNANDO TIAGO SANCHES

RUI DO CARMO MOURA

JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — CENTRAL DE CANIÇADA — Ascensor do Poço de Acesso à Sala de Máquinas

Construtor	**SOPREL**
Curso	**128 m**
Velocidades (duas)	**0,8/0,2 m/s**
Carga útil	**1.500 Kg**
Pisos servidos	**7**
Comando	**automático**

Pág

Comunicação por impulsos — Estudo da modulação de sucessões de impulsos

Pelo Eng.º Electr. Manuel José de Abreu Faro 399

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 428

Geologia e hidrologia geral do País

Pelo Eng.º de Minas (I. S. T.) Décio Thadeu 429

Terminaram o curso no ano lectivo 1954-55, os nossos colegas 443

Determinação dos caudais pluviais urbanos — Generalização do método racional

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) Pedro C. Celestino da Costa . . . 445

Do Mundo Técnico 453

Biblioteca 460

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª . . . . . XI XXXIX
A. Gestetner, Ltd.ª XLIII
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XVII
António Baró IX
Automóveis Citroen VIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XXXVI

B

Blackwood Hodge XLI
Bonneville Oliveira XL
Bouhon & Irmão, Ltd.ª IX

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXIV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia União Fabril XII
Construções Técnicas, Ltd.ª IX
C. Santos, Ltd.ª . . . . . X e XXXVII

E

Edmond Dardel II
Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª XL
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XXVI e XXXIII
Empresa Electro Cerâmica XII
ENAE XXIII
Empresa Húngara para o Comércio Exterior de Máquinas XX, XXIX e XXXI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . IV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXIV

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXII
Fábrica Portugal XIV
Fundição e Construção Mecânicas VI

G

General Electric Portuguesa XXX
Guedes & Santos Silva, Ltd. XL

H

Harker, Summer & C.ª, Ltd.ª XLIV

Pág.

Heliaço, Lda. XXVII
Henriques & Castro, Ltd.ª IV

I

INEL XXI
IST XXXVIII

J

Jayme da Costa, Ltd.ª XIX
J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XXVI
J. J. Gonçalves, Sucrs. XXXV

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV

M

Mabor XLIII
Manil XXXIII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XXXVI
Mecâno-Civis, Ltd.ª XXVIII
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . XIII e XLII

P

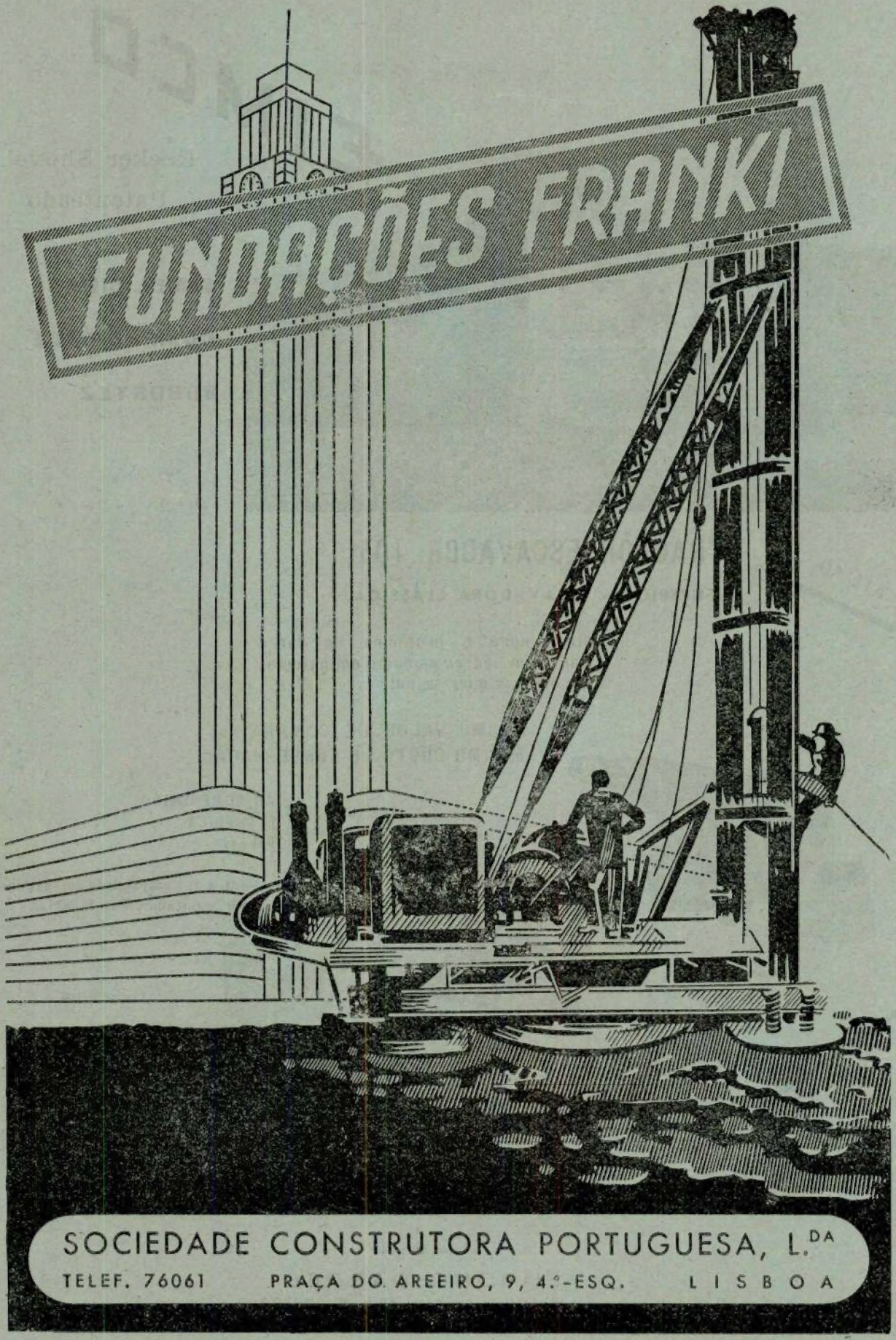
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

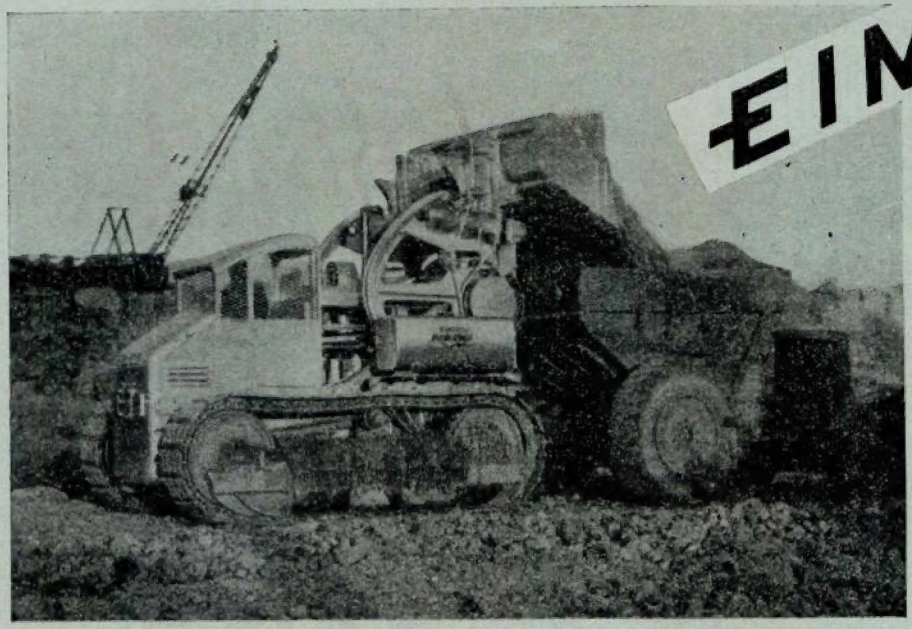
S

Sanfer, Ltd.ª XLIV
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XXV
Siemens — Comp.ª de Electricidade VII
SKF XXX
SMEIA V
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XLIII
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXII
Sociedade Portuguesa Cavan . . . . 2.ª da capa
Socony-Vacuum Portuguesa XVI
Socotel XVII
Sondagens Ródio, Ltd.ª XL
SOPECATE XII
Staedtler . . . . . 2.ª da capa
Standard Eléctrica XI

V

V. T. Martins XLIV


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

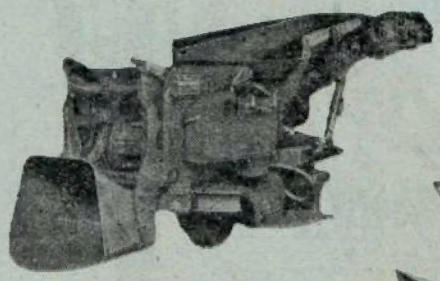
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

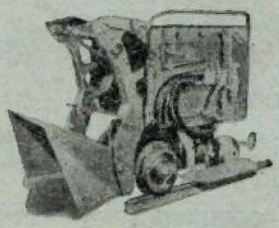
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

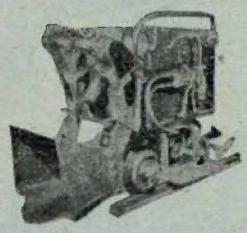
ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



Modelo 40

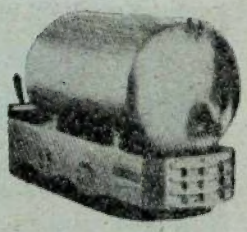


Modelo 21



Modelo 12-B

Locomotiva a ar



TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

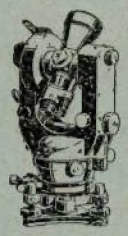
Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289

T
1

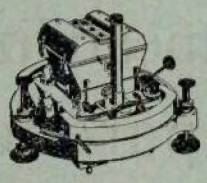


WILD
HEERBRUGG

4
ASES

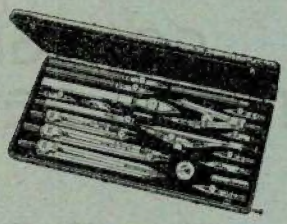
M
20

RC
5a



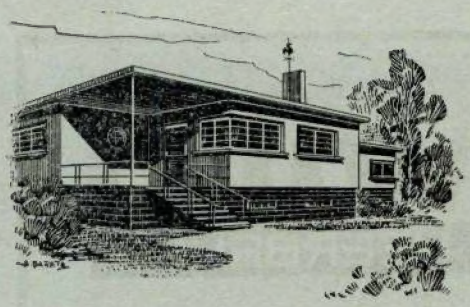
4
ASES

RZ
30



PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGENIO DOS SANTOS, 75-LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

RZ
30



APRESENTA EM TODO O MUNDO
UM PRODUTO À BASE DE CIMENTO

EMBELESADOR

PETRIFICANTE

HIDRÓFUGO

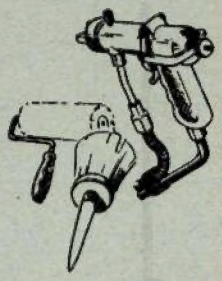
DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL E ULTRAMAR:

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

Av. Conde de Valbom, 96
LISBOA

Tele { gramas: HENRICASTRO
fones 77 50 57 - 77 50 58

APLICAÇÃO
FÁCIL



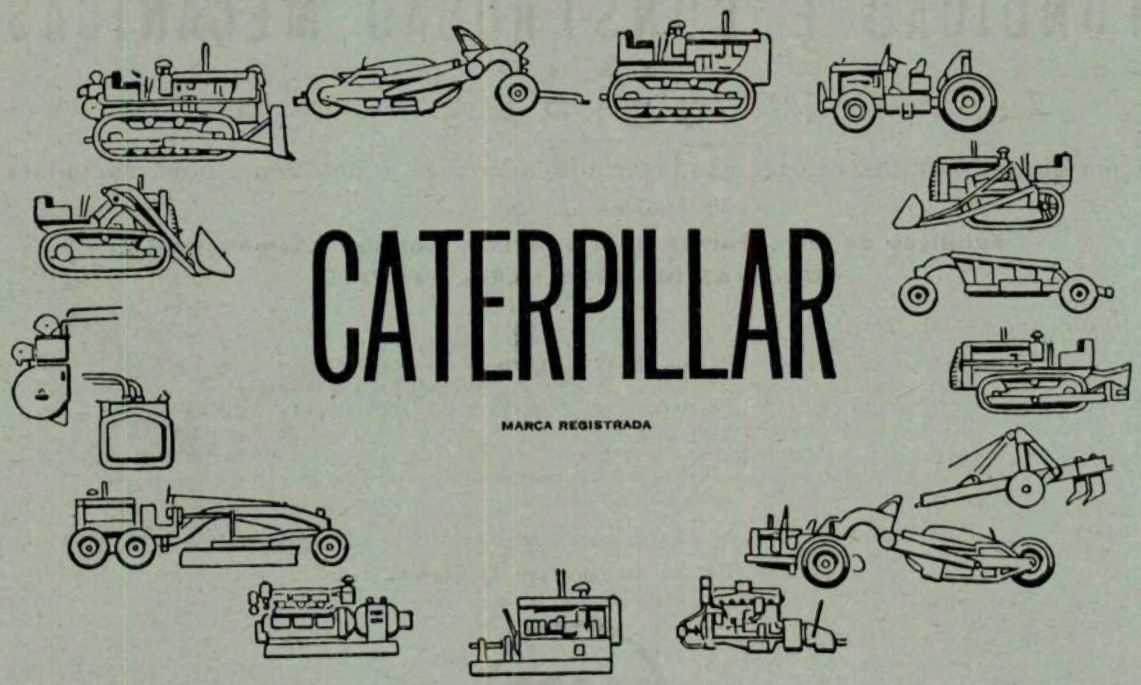
Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651
4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA



A mais completa linha de equipamentos para remoção de terras:

6 modelos de tractores de rastos, de 38 a 230 H. P. à barra.
3 modelos de tractores de rodas, de 186 a 300 H. P.
10 modelos de «scrapers», com capacidades que vão de 3,6 j. c. a 27 j. c.
2 modelos de vagões com as capacidades de 10,7 m^3 a 19,1 m^3.
21 modelos de «bulldozers» comandados por cabos ou hidràulicamente.
3 modelos de pás hidráulicas «Traxcavator», com as capacidades de 1, $1\frac{1}{2}$ e $2\frac{1}{4}$ j. c.
3 modelos de motoniveladoras com as potências de 50, 75 e 115 H. P.
4 modelos de comandos por cabos, de montagem trazeira e frontal.
3 modelos de comandos hidráulicos, de montagem trazeira e frontal.
2 modelos de escarificadores.
14 modelos de motores diesel industriais, de 57 a 520 H. P.

Como complemento desta linha, constroem os fabricantes Hyster Company, Athey Corporation, C & D Manufacturing Company, Fleco Corporation e Preco Incorporated (companhias associadas da CATERPILLAR) os seguintes equipamentos: «Hystaway» (Pá mecânica, retroescavadora, dragline ou guindaste, para montar em tractor Caterpillar D6, D7 ou D8), compactadores, vagões sobre rodas ou rastos, «dumpers», lâminas especiais de bulldozer para pedras ou raízes, escarificadores para montar nas lâminas dos bulldozeres, niveladoras rebocadas, etc.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — LISBOA

Telefones 72 40 53/4/5

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

SIEMENS

Gerações de operários especializados transmitem os seus conhecimentos

Verifica-se muitas vezes trabalharem na Casa Siemens gerações de uma família, na qual a dextreza manual do pai se transmite ao filho.

Os serviços sociais modelares e as mais perfeitas condições de trabalho criam um bom ambiente de trabalho em que todos os colaboradores se sentem bem.

A confiança recíproca que assim se estabelece reflecte-se em todo o processo de fabrico sobre a perfeição do trabalho e é uma premissa essencial para a superior qualidade dos produtos "Siemens".

SIEMENS & HALSKE AG · SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN · MÜNCHEN · ERLANGEN

REPRESENTADAS EM PORTUGAL POR
SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE S.A.R.L.
LISBOA, R. AUGUSTA, 118-1º · PORTO, R. DAS CARMELITAS, 12

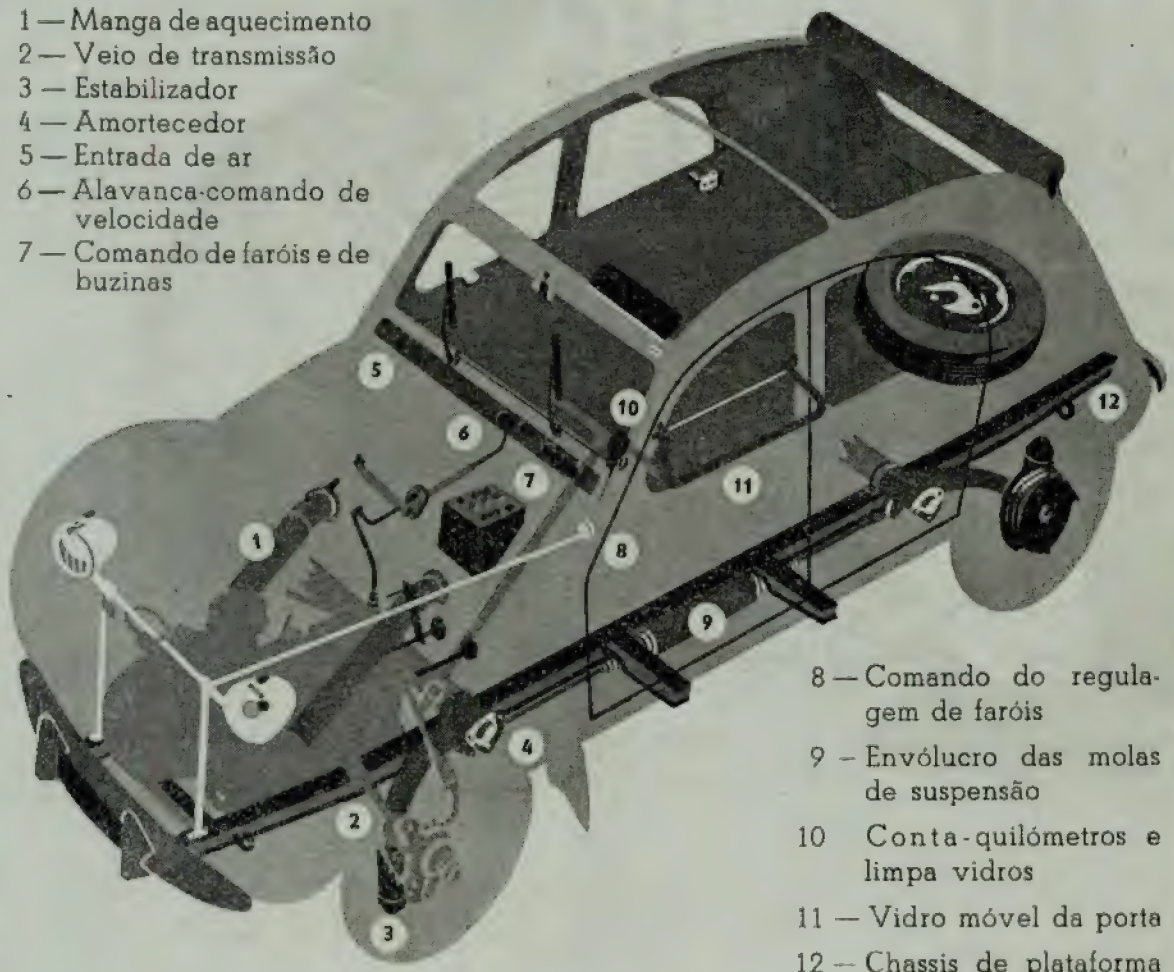
CITROËN

Tracção à Frente

EIS AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO

2 CV

1 — Manga de aquecimento
2 — Veio de transmissão
3 — Estabilizador
4 — Amortecedor
5 — Entrada de ar
6 — Alavanca-comando de velocidade
7 — Comando de faróis e de buzinas



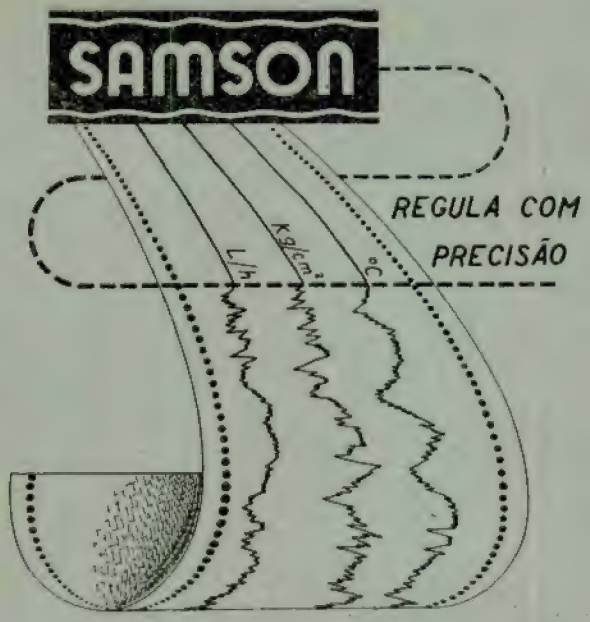
8 — Comando do regulagem de faróis
9 — Envólucro das molas de suspensão
10 Conta-quilómetros e limpa vidros
11 — Vidro móvel da porta
12 — Chassis de plataforma

AUTOMÓVEIS CITROËN SARL

Avenida Praia da Vitória, 9

LISBOA **Telef. 41 141/2**

E OS SEUS AGENTES EM TODO O PAÍS



TEMPERATURA, PRESSÃO E DÉBITOS
PARA VAPOR, ÁGUA, AR, ÓLEO E OUTROS FLUIDOS

BOUHON & IRMÃO, LTD.

EM LISBOA: Av. Júlio Diniz, 26, r/c Esq.
Telef.: 77 36 03, 77 86 85
NO PORTO: Rua Antero do Quental, 615
Telef. 4 0118 — 4 0119

MATERIAL ELÉCTRICO

para instalações de alta e baixa tensão

•

ESPECIALIDADES **GARDY:**

Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

REPRESENTANTE:

ANTÓNIO BARÓ

Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º

LISBOA

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

Torre da Alfândega de Luanda, executada pelo sistema de moldes deslizantes «PROMETO»

MOTORES DIESEL
MERCEDES-BENZ
MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA MAGNÍFICA ROBUSTEZ E GRANDE ECONOMIA. GARANTINDO UM ELEVADO RENDIMENTO E A MAIOR SEGURANÇA DE FUNCIONAMENTO
DE 20 A 2500 HP
REPRESENTANTES
C. SANTOS LDA.
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA — TRAVESSA DA GLÓRIA, 17 — LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 63 81 71/6

telefones · radio · cabos

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

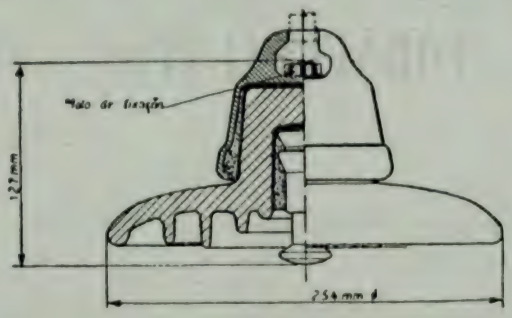
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da

---

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

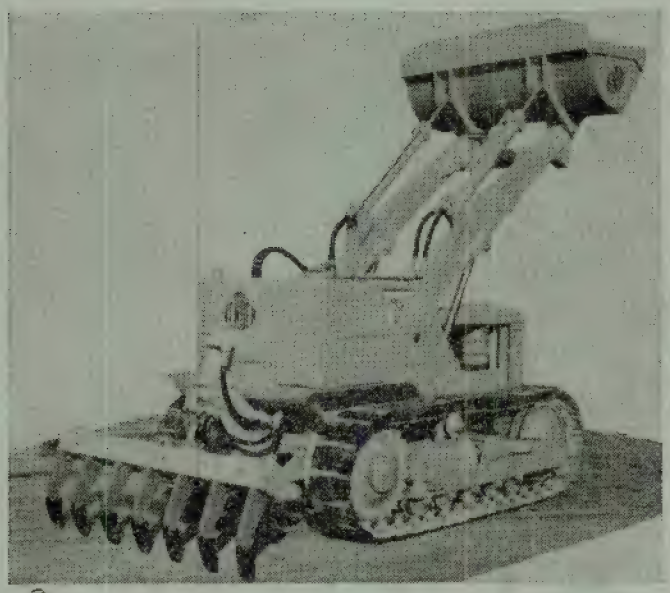
Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

PÁ CARREGADORA FRONTAL

De comandos hidráulicos



(Capacidade da pá = 1 ou 2 jardas cúbicas)

VENDER

COM ESCARIFICADOR TRASEIRO

Também comandado hidràulicamente

PARA EQUIPAR TRACTORES "VENDER"

Modelos **"BULLY"** e **"CHAMPION"**, respectivamente de 53,5 e 90 HP.

Queiram pedir informes sobre estas máquinas, bem assim toda a restante aparelhagem de movimentação de terras própria para os referidos tractores, aos

AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL, ANGOLA E MOÇAMBIQUE

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (Alcântara) — LISBOA

Telef. 63 70 83/4/5

Sucursais e Agências em BEJA, PORTO, VILA FRANCA DE XIRA, ÉVORA, SANTARÉM, CASTELO BRANCO, LUANDA e LOURENÇO MARQUES

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 . R. JOSÉ FALCÃO, 185

LISBOA PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

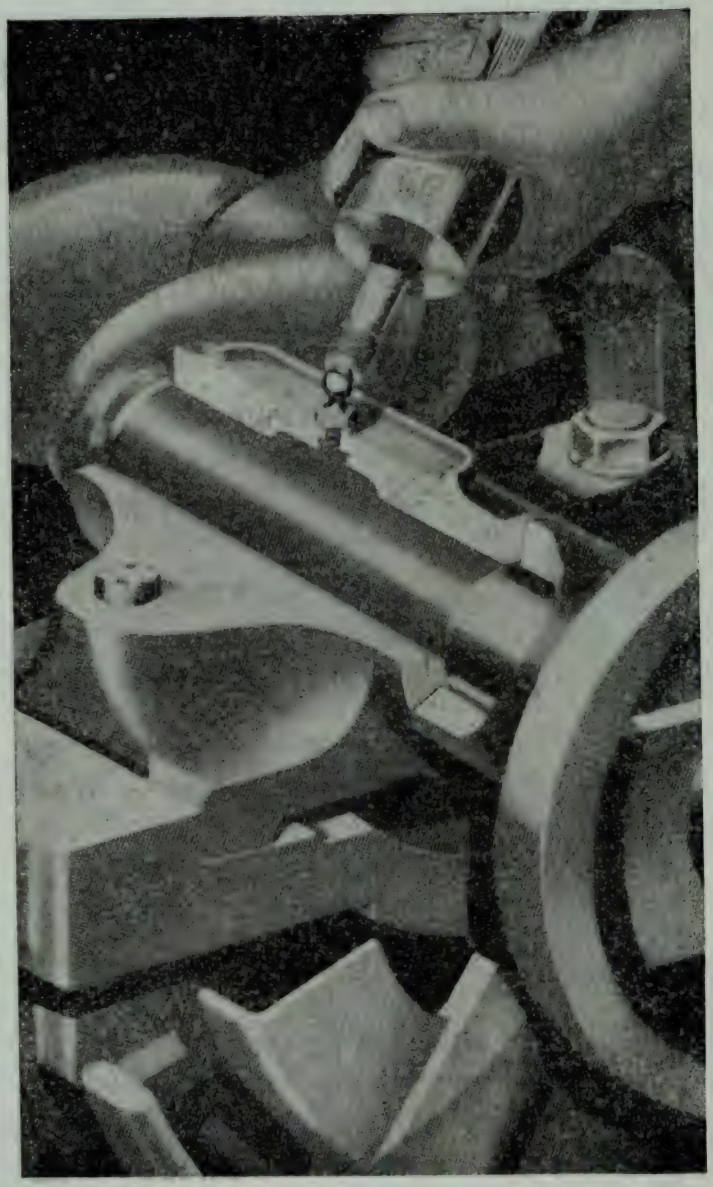
THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

Uma arma contra o desgaste



A primeira vista pode parecer muito facil proteger esta chumaceira de um moderno tear ràpido, contra o desgaste basta aplicar a massa lubrificante a intervalos regulares Mas isso é apenas o começo do problema

Hora após hora, a pelicula de massa protectora sofre vibrações e está sujeita a pressões permanentes. Se a massa lubrificante não for adequada, a pelicula pode tornar-se demasiadamente fina e romper-se, ou mesmo desaparecer antes da aplicação seguinte

Isso significa contacto de metal contra metal, fricção, perda de potência e perigo de desgaste

O que se passa com chumaceiras deste tipo sucede anàlogamente em todos os mecanismos em que haja peças em contacto

A Mobil Oil dispõe de um lubrificante para cada caso estudado para dar protecção permanente e eficaz

2744

Lubrificantes

Mobil

MOBIL OIL PORTUGUESA

TÉCNICA

DIRECTOR: JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA ADMINISTRADOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
SECRETÁRIO — CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
CORPO REDACTORIAL — EDUARDO DE ARANTES E OLIVEIRA, FERNANDO TIAGO SANCHES, JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA E RUI DO CARMO MOURA

Ano XXXI - N.º 262 Maio de 1956

C. D. U. 621.396.216

COMUNICAÇÃO POR IMPULSOS

ESTUDO DA MODULAÇÃO DE SUCESSÕES DE IMPULSOS

PELO ENG.º ELECTR. I. S. T. MANUEL JOSÉ DE ABREU FARO
Prof. do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C.

Agradecemos ao Sr. Prof. Eng.º Manuel José de Abreu Faro a distinção com que se dignou honrar a Técnica, acedendo ao nosso pedido para publicação nas suas páginas do trabalho que constituiu a sua dissertação, apresentada no concurso para Professor catedrático de Telecomunicações, do Instituto Superior Técnico, realizado em Abril último.

O trabalho que se publica é, sem alteração sensível, o mesmo que apresentámos como dissertação para concurso ao lugar de professor catedrático de Telecomunicações do Instituto Superior Técnico.

Julgámos de interesse, nesta publicação, detalhar certas passagens analíticas e demonstrar fórmulas e resultados obtidos por diversos autores isto não obstante o indicarmos a bibliografia em que se podem encontrar. A fim de não sobrecarregar a exposição, os referidos detalhes e demonstrações de fórmulas utilizadas vão anexos em apêndice.

Na parte final deste trabalho juntamos ainda algumas considerações e resultados obtidos ulteriormente à apresentação da nossa dissertação — Julho de 1955; Julgámos de interesse fazê-lo por darem continuidade ao trabalho realizado e deixarem em aberto tema para futuros estudos.

A parte experimental deste trabalho foi realizada durante o 1.º semestre de 1955 no Laboratório de Medidas Eléctricas do Instituto Superior Técnico tendo-se utilizado material do referido Laboratório bem como do Centro de Estudos de Electrónica dos Centros de Estudos da Energia Nuclear.

Antes de iniciar esta publicação desejamos testemunhar ao Ex.mo Sr. Professor Doutor-Engenheiro Carlos Ferrer Moncada o nosso profundo agradecimento pela maneira elevada como nos facultou e permitiu realizar no Laboratório de Medidas Eléctricas o presente trabalho.

INTRODUÇÃO

Utilizando a largura de banda exigida por um sistema como grandeza característica, a comunicação por impulsos, classifica-se, dentro deste critério, entre os sistemas de banda larga.

Como é conhecido estes sistemas traduzem uma melhoria da relação sinal-ruído à custa dum aumento da largura de banda facto que está hoje teòricamente estabelecido por «Shannon» — The Mathematical Theory of Communication.

A largura de banda elevada que dum modo geral estes sistemas exigem limita o seu uso ao domínio das ondas ultra-curtas, decimétricas e centimétricas, sendo aí, portanto, que se deve considerar a comunicação por impulsos.

Neste domínio os sistemas considerados apresentam determinadas vantagens em relação à modulação de frequência constituindo uma forma de comunicação que, dia a dia, vem ganhando interesse principalmente no que respeita à realização de sistemas múltiplos onde, em oposição ao método clássico de divisão de frequência, utilizam um processo de divisão no tempo que consiste em intercalar entre impulsos consecutivos duma sucessão os impulsos de outras sucessões.

A comunicação por impulsos é, assim, apropriada à realização duma rede geral de comunicações utilizando-se a moderna técnica do «cabo hertziano» e estabelecendo-se um sistema poligonal em que a transmissão se faz entre estações de repetição segundo a lei visual.

* * *

No presente trabalho estuda-se a «Modulação de Sucessões de Impulsos».

Dividimos o nosso trabalho em duas partes

1 — Princípios Teóricos da Comunicação por Impulsos

2 — Modulação de Sucessões no Tempo

das quais daremos seguidamente um resumo:

1.ª Parte — **Princípios Teóricos da Comunicação por Impulsos**

Nesta primeira parte consideram-se, em detalhe, os fundamentos teóricos dos «sistemas racionais» de comunicação por impulsos. Denominámos assim os sistemas que na transmissão duma mensagem de duração «T» utilizam um número mínimo de impulsos.

Tomando como base uma fórmula de Interpolação deduz-se um sistema completo de comunicações por impulsos — modulação em amplitude.

A interpretação que se deu não é inédita, tão evidente se apresenta, levámos no entanto mais longe o uso desta fórmula utilizando-a para explicar detalhadamente o princípio de funcionamento dum sistema racional de comunicação por impulsos, calculando-se directamente a partir dela a distorsão na modulação em amplitude e mais adiante nos sistemas em código.

Da análise feita conclui-se que o sistema de modulação em amplitude é teòricamente perfeito sendo no entanto pouco apropriado como forma directa de transmissão dada a vulnerabilidade que apresenta ao ruído.

Estudou-se, em pormenor, a distorsão introduzida por estes sistemas tendo-se estabelecido uma teoria simples que nos conduz a resultados concretos de interesse prático.

Os dois sistemas traduzem duas situações extremas:

A modulação em amplitude apresenta-se ideal no que respeita à distorsão mas vulnerável ao ruído.

Os sistemas em código, em contrapartida, são teòricamente livres das formas habituais de ruído mas introduzem uma distorsão sistemática que é conhecida na prática por ruído da «quantificação».

A distorsão resulta da operação de quantificação que reduz as amplitudes transmitidas a um número finito. Isto torna possível codificar as amplitudes fazendo corresponder a cada amplitude quantificada uma sequência de impulsos característica do código.

Os sistemas em código acarretam um aumento da largura de banda em relação à modulação em amplitude o que traduz mais uma vez a lei de Shannon.

2.ª Parte — **Modulação de Sucessões no Tempo**

Na segunda parte estuda-se analìticamente a modulação de sucessões de impulsos no tempo.

Em relação ao estabelecimento da forma analítica de sucessões de impulsos moduladas no tempo conhecemos dois métodos fundamentais.

O de Fitch — The Spectrum of Modulated Pulses que consiste em analisar um impulso como uma entidade formada por duas funções escalão de polaridade contrária e desfasadas no tempo de T, sendo T a duração do impulso. Constituem-se assim duas sucessões de funções escalão que são moduladas separadamente.

Esta ideia deve-se, segundo indica o autor, ao Dr. Bloch — 1943.

O de Bennet — que utiliza séries duplas de Fourier. Este processo vem indicado por Black — Modulation Theory.

Apresentamos um método novo de estabelecer a expressão analítica das sucessões de impulsos moduladas no tempo o qual conduz a uma forma geral simples e intuitiva para a referida expressão.

No estudo da modulação no tempo definimos aquilo a que chamámos funções características da modulação.

Embora estivessem implícitas nos trabalhos dos referidos autores, achamos de interesse esta definição que permite realçar cada tipo de modulação conduzindo a uma construção geométrica simples que esclarece o processo da modulação no tempo.

Os sistemas de modulação no tempo apresentam todos uma distorsão intrínseca sendo no entanto mais vantajosos no que respeita ao problema do ruído. A distorsão introduzida pelas diversas formas de modulação no tempo é estudada qualitativamente para um sinal qualquer f (t) e quantitativamente para um sinal sinusoidal.

Finalmente comparam-se os diferentes tipos de sistemas considerados.

* * *

Parte experimental:

Realizaram-se experiências relativas à modulação em amplitude e modulação no tempo, apresentando-se alguns oscilogramas que fixam aspectos fundamentais e ilustram a matéria exposta.

As montagens utilizadas e valores obtidos vão devidamente indicados.

* * *

Em todo o trabalho consideram-se, apenas, as formas mais correntes de modulação no tempo dando-se especial relevo às que se prestam à realização de sistemas múltiplos.

Existem outras formas de modulação no tempo e destas queremos salientar um tipo que modernamente tem merecido interesse e que é normalmente conhecido por «modulação do intervalo de tempo» o qual consiste em fazer variar a distância entre impulsos segundo uma determinada lei de modulação.

O tratamento analítico deste tipo de modulação é difícil. Podemos encontrar uma tentativa de estabelecimento duma teoria em Ross — Pulse Frequency Modulation — notando-se que o autor usa uma designação que também é corrente mas não corresponde no presente caso à modulação de frequência que se define, mas sim a uma modulação do «intervalo de tempo».

Na parte final do nosso trabalho apresentamos algumas considerações e oscilogramas relativos a uma modulação deste tipo mas distinta da que Ross estudou.

* * *

Finalmente fazemos algumas considerações relativas à importância que a comunicação por impulsos apresenta no estado actual da Técnica das Comunicações.

1 — PRINCÍPIOS TEÓRICOS DA COMUNICAÇÃO POR IMPULSOS

A — Sistemas racionais de comunicação por impulsos

Dum modo geral, sistema de comunicação por impulsos é todo aquele em que as mensagens são transmitidas por meio de sucessões de impulsos, considerando-se, aqui, ùnicamente o caso das mensagens serem funções contínuas do tempo.

O sistema mais simples que se pode conceber é o que utiliza sucessões de impulsos moduladas em amplitude (Fig. 1), não se exigindo, em princípio, qualquer regularidade na lei de ocorrência dos impulsos para que um detector convencional (diódio-R-C) reproduza sem distorsão apreciável o sinal modulante (Fig. 2).

Bastará, para tanto, que os intervalos entre impulsos sejam suficientemente curtos de modo a não se omitir qualquer pormenor do referido sinal e que à detecção se siga uma filtragem conveniente.

Neste caso a desmodulação consiste, essencialmente, em traçar uma função por pontos. O número de impulsos utilizado foi aquele que se julgou necessário para em cada época definir sem ambiguidade o sinal modulante.

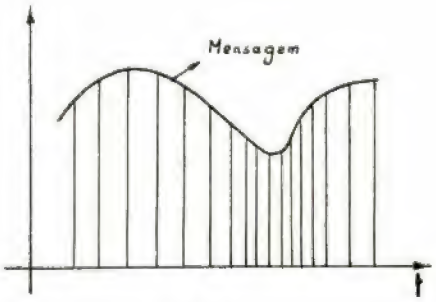


Fig. 1

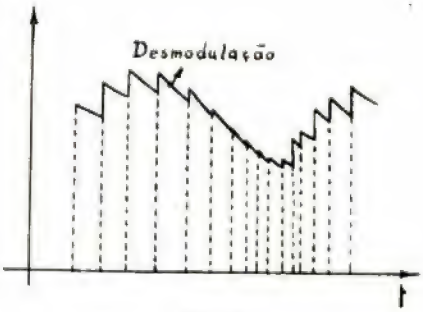


Fig. 2

Em relação a este processo podemos definir aquilo a que convencionámos chamar «sistema racional de comunicação por impulsos».

«Sistema racional» será aquele que em relação a um dado tipo de mensagem de duração T a transmite utilizando, nesse tempo, o menor número possível de impulsos.

Num sistema racional já não é possível, dum modo geral, reconstituir intuitivamente o sinal modulante da sucessão modulada; só um determinado desmodulador o conseguirá fazer.

Para que assim suceda é necessário que toda a história do sinal se possa reconstituir a partir do conhecimento dum conjunto discreto de dados o que significa que a mensagem deve estar sujeita a qualquer tipo de restricção que seja do conhecimento do sistema.

A forma mais natural de o fazer será introduzir uma restricção que se relacione com a rapidez com que a mensagem varia no tempo, o que se pode conseguir com uma limitação no domínio da frequência.

Efectivamente, é um facto bem conhecido que a rapidez com que uma função varia no tempo se reflecte na largura da banda que o seu espectro ocupa no domínio da frequência.

Consideremos um exemplo que esclarece de certo modo a dependência entre o número mínimo de impulsos necessário e largura da banda ocupada pelo espectro do sinal.

Suponhamos, então, um sistema racional e uma mensagem f (t). Seja N o número mínimo de impulsos por unidade de tempo que, em média, o sistema necessita para a transmitir.

Seja, agora, outra mensagem f_1 (t) tal que

$$f_1(t) = f(Kt) \qquad K > 1$$

Para transmitir esta mensagem, a qual varia mais ràpidamente que f (t) o mesmo sistema necessitará KN impulsos.

Designando por $\bar{g}(\omega)$ e $\bar{g}_1(\omega)$, respectivamente, os espectros de f (t) e f_1 (t) teremos

$$\bar{E}[f(t)] = \bar{g}(\omega)$$

$$\bar{E}\left[f(Kt)\right] = \frac{1}{K}\,\bar{g}\left(\frac{\omega}{K}\right) = \bar{g}_1(\omega)$$

Quer dizer, o espectro de f_1 (t) varia mais lentamente do que o espectro de f (t).

«A uma contracção da função no domínio do tempo corresponde uma dilatação do seu espectro no domínio da frequência».

Se admitirmos que, pràticamente, o espectro de f (t) se confina a um intervalo de frequências de medida $\triangle$ f, o espectro de f_1 (t) ocupará uma banda K $\triangle$ f.

Conclui-se, assim, que a banda ocupada pelo espectro da mensagem aumentou proporcionalmente ao número de impulsos necessário para a transmitir.

Embora não se possa deduzir deste resultado uma relação bem definida entre o número de impulsos e a banda ocupada pelo espectro pode, no entanto, concluir-se que uma limitação no domínio da frequência é adequada ao fim que se pretende.

Isto significa, que temos de conhecer prèviamente a banda ocupada pelo espectro da mensagem em função da qual se determinará seguidamente o menor número de impulsos que é necessário utilizar para a transmitir convenientemente.

B — Condicionamento das mensagens transmitidas às características de recepção

A questão que se considerou diz respeito à possibilidade de os sistemas de comunicação por impulsos transmitirem com um mínimo de dados uma mensagem desde que esta esteja sujeita a uma restrição que seja do conhecimento do sistema.

Fixou-se como restrição, o sistema conhecer prèviamente a largura de banda ocupada pelo espectro do sinal a transmitir.

Mensagem implica um destinatário; comunicação é o resultado da acção da mensagem sobre o destinatário.

Se todo o conteúdo da mensagem tiver acção sobre o destinatário teremos que a transmitir integralmente; se assim não suceder é lógico que apenas se transmita aquilo que o interessa.

A fim de analisar a questão concretamente será necessário definir dum modo objectivo «comunicação» e a acção que a mensagem tem nesse processo.

Por «comunicação» entenderemos, aqui, todo o tipo de acção em que intervêm, pela ordem e modo que se indicam, os três seguintes elementos:

a) Uma fonte de informação que dum conjunto de possíveis mensagens escolhe, numa dada época, uma.

Supomos que as mensagens são funções contínuas do tempo — S_1 (t).

b) Um sistema de comunicação que transmite a mensagem ao seu destino.

c) Um terminal de recepção onde o destinatário recebe um sinal — S_2 (t) que resulta da transmissão de S_1 (t).

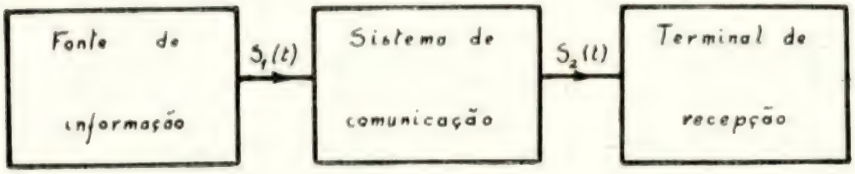


Fig. 3

Admitindo que se trata dum sistema de «comunicação ideal» S_2 (t) relaciona-se com S_1 (t) por:

$$S_2 (t) = K\ S_1 (t - t_0) \qquad (1)$$

Objectivamente, podemos definir «recepção da mensagem» pela resposta que no terminal de recepção um determinado sistema «r» dá à função S_2 (t).

Para a finalidade que se pretende é suficiente admitir que «r» é um sistema linear caracterizado por um operador complexo $\bar{R}(\omega)$

$$\bar{R}(\omega) = A(\omega)\, \varepsilon^{-j\varphi(\omega)} \qquad (2)$$

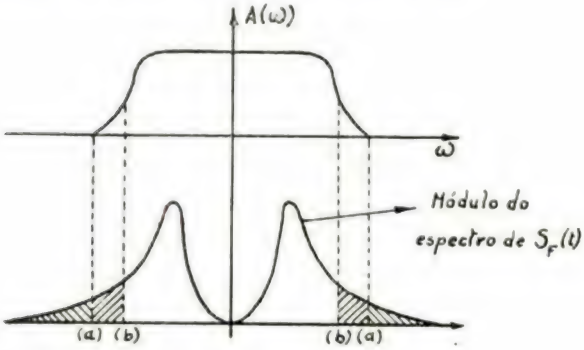


Fig. 4

Designado por $\vec{E}[S_2(t)]$ o espectro de $S_2(t)$ o qual se relaciona com o de $S_1(t)$ por:

$$\bar{E}[S_2(t)] = K\,\bar{E}[S_1(t)]\, \varepsilon^{-j\omega t_0} \qquad (3)$$

podemos exprimir analìticamente a «recepção da mensagem» por:

$$r(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{E}[S_2(t)]\, \bar{R}(\omega)\, \varepsilon^{j\omega t}\, d\omega \qquad (4)$$

* * *

É característico dos sistemas de recepção «r» apresentarem uma resposta confinada a um domínio limitado de frequências, isto é, fora desse domínio $A(\omega)$ reduz-se pràticamente a zero.

Isto significa que o sistema de recepção só reage às frequências do espectro de $S_1(t)$ que se contêm nesse domínio (Fig. 4).

Fìsicamente as partes a tracejado do espectro de $S_1(t)$ representam detalhes da mensagem $S_1(t)$ aos quais o sistema de recepção não é sensível (a) ou contribuem para a resposta de modo pouco significativo (b).

Deste modo, obteremos uma recepção conveniente se inserirmos à saída da fonte de informação um filtro cuja banda de transmissão coincida com a banda que interessa, para um dado fim, o sistema de recepção (Fig. 5).

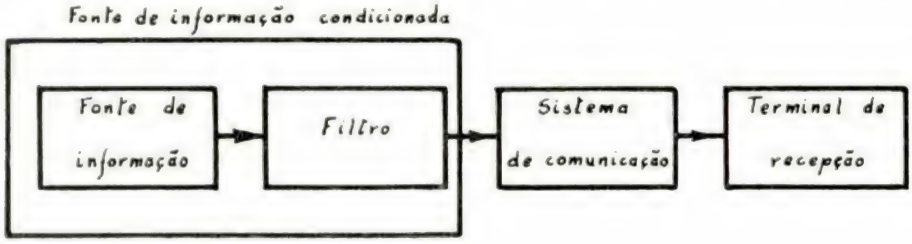


Fig. 5

Constitui-se, assim, uma fonte de informação que está condicionada ao sistema de recepção.

As mensagens transmitidas sofrem deste modo uma restrição no domínio da frequência e que é, portanto, da mesma natureza daquela que se impôs para a determinação do número mínimo de impulsos.

Teremos que conhecer não a largura de banda do espectro da mensagem mas simplesmente a largura de banda que o sistema de recepção exige para um determinado fim.

Isto significa que um sistema racional de comunicação por impulsos se adapta, no número de dados que transmite, às características de recepção.

De tudo que se disse, conclui-se que as mensagens que se transmitem num sistema racional gozam da propriedade comum de terem o seu espectro limitado a uma determinada banda de frequências.

Designaremos estas funções por «funções de espectro limitado a um intervalo Δf», medindo-se este pela banda ocupada pelo espectro no domínio das frequências positivas. Abreviadamente simbolizaremos estas funções por $S_{\Delta f}(t)$.

* * *

Para a intelegibilidade da voz basta e está normalizado o uso duma banda de frequências de 300 a 3400 Hz.

A transmissão duma banda mais larga não acrescenta informação de interesse no que respeita à intelegibilidade que é o objectivo fundamental a atingir num sistema de telefonia.

A supressão de frequências inferiores a 300 Hz traduz-se numa deminuição da naturalidade da voz.

A ausência de frequências superiores a 3400 Hz acarreta uma eliminação de detalhes que tem pouco interesse para o caso presente.

Uma orquestra variada é uma fonte de informação cujas mensagens cobrem em média 30 Hz a 15 KHz; no entanto, um ouvido médio considera uma reprodução conveniente se apenas se transmitir a banda dos 50 Hz — 10 KHz.

Em resumo, o grau de definição que se exige para a mensagem varia com a finalidade a atingir. Quanto mais perfeita for a reprodução maior será a largura de banda que será necessária utilizar e maior o número de impulsos que é preciso transmitir.

Cada impulso significa e vale como um dado discreto de informação.

C — Equivalência duma mensagem $S_{\Delta f}(t)$ a um conjunto discreto de elementos

Constitui base fundamental da teoria da comunicação por impulsos o facto das funções de espectro limitado a um intervalo de frequências Δf ficarem completamente definidas pelo conhecimento dum conjunto discreto de dados e poderem ser reconstituídas por um correspondente somatório de funções elementares.

Por exemplo, as funções cujo espectro está limitado ao intervalo zero a F, $S_F(t)$, ficam completamente definidas a partir do conhecimento dos valores de $S_F(t)$ nos instantes t_n definidos por:

$$t_n = \frac{n}{2F} - \tau \qquad (5)$$

$$n = \text{inteiro}$$

em que τ representa um tempo arbitrário de referência.

A expressão analítica de $S_F(t)$ em função desses valores é:

$$S_F(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_F(t_n) \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t - t_n)}{2\pi F(t - t_n)} \text{ (1)} \qquad (6)$$

$S_F(t_n)$ constitui o conjunto discreto de dados e as funções elementares são da forma $\frac{\operatorname{sen} x}{x}$

No domínio da Análise (6) é uma fórmula de interpolação; fìsicamente dá-nos a informação importante de que para a definição de $S_F(t)$ basta conhecer os valores que esta toma em instantes intervalados no tempo de 1/2 F.

Este resultado generaliza-se às funções de espectro limitado a um intervalo Δf que não se inicie na frequência zero.

Neste caso, porém, os dados e a expressão analítica de $S_{\Delta f}(t)$ não revestem a forma simples do exemplo anterior. No seguimento deste trabalho consideraremos o facto, por agora limitamo-nos a dar o seguinte enunciado geral:

> «Uma função cujo espectro está limitado ao intervalo Δf fica completamente definida pelo conhecimento dum conjunto discreto de dados independentes cujo número é em média:
> $[2\Delta f]$ dados por unidade de tempo, em que Δf está expresso em períodos por segundo e o tempo em segundos.

(1) Vide demonstração no Apêndice I.

[2 Δ f] deve ser interpretado com um valor numérico correspondente as estas dimensões».

Deste enunciado tiram-se conclusões importantes.

1) A primeira é a equivalência duma função contínua do tempo a um conjunto discreto de dados, o que tem sido utilizado na construção da moderna Teoria da Informação.
2) A segunda é a possibilidade teórica dum sistema racional de comunicação por impulsos, em que cada dado seja transmitido por um correspondente impulso, definindo-se, agora, concretamente a relação entre a largura de banda e o número de impulsos necessários. Veremos que este número é realmente o número mínimo que se pode usar para que a transmissão se faça sem distorsão.

D — Estabelecimento teórico dum sistema racional de comunicação por impulsos. Realizabilidade prática

É um facto notável que à fórmula (6)

$$S_F(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_F(t_n) \frac{\operatorname{sen} 2\pi F(t-t_n)}{2\pi F(t-t_n)}$$

$$t_n = \frac{n}{2F} - \tau$$

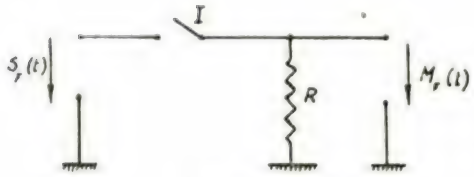


Fig. 6

que, segundo supomos, teve a sua origem em Análise para o estudo da Teoria da Interpolação, corresponda exactamente um sistema de comunicação por impulsos que, embora ideal pelos conceitos que envolve, pode ser realizado pràticamente com grande aproximação.

Assim, consideramos a fórmula (6) a base teórica dos «sistemas racionais» de comunicação por impulsos.

Efectivamente, pode deduzir-se de (6) um sistema completo de comunicação que passamos a analisar.

* * *

Reduzimos o sistema a três elementos essenciais:

1 — Um modulador onde se constitui uma sucessão de impulsos em que cada impulso é portador dum dado.
2 — Um canal de transmissão, através do qual se transmite pelos métodos clássicos a sucessão de impulsos ao desmodulador.
3 — Um desmodulador, que reconstitui a mensagem da sucessão recebida.

1 — *Modulador*

É um sistema que periòdicamente, com a frequência 2 F, fornece um impulso de duração δ T, cuja amplitude é proporcional ao valor de S_F (t) no instante em que o impulso ocorre.

Na Fig. 6 indica-se um modo simples de realizar um modulador deste tipo.

À entrada do ondulador aplica-se uma tensão proporcional a S_F (t), abreviadamente designada por S_F (t). Periòdicamente, com a frequência 2 F, o interruptor «I» fecha-se durante um tempo δ T.

Obtém-se, deste modo, à saída uma função M_F (t) que durante o tempo de fecho coincide com S_F (t) e no restante tempo é nula (Fig. 7).

Designa-se por «t_n» o instante correspondente ao centro de cada impulso, o qual tem a expressão geral

$$t_n = \frac{n}{2F} - \tau \qquad n = \text{inteiro}$$

SECHERON
GENEBRA

Trolleybus de «Rechtsufrige Thunerseebahn», lago de Thune — Suíça. O sistema eléctrico destas viaturas é alimentado com corrente contínua, alta tensão (1100 V). Os motores têm uma potência de 160 CV no veio. Lotação por viatura 73 passageiros

ALTERNADORES
TRANSFORMADORES
SOLDADURA

REGULADORES AUTOMÁTICOS DE TENSÃO
RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCÚRIO
TRACÇÃO ELÉCTRICA

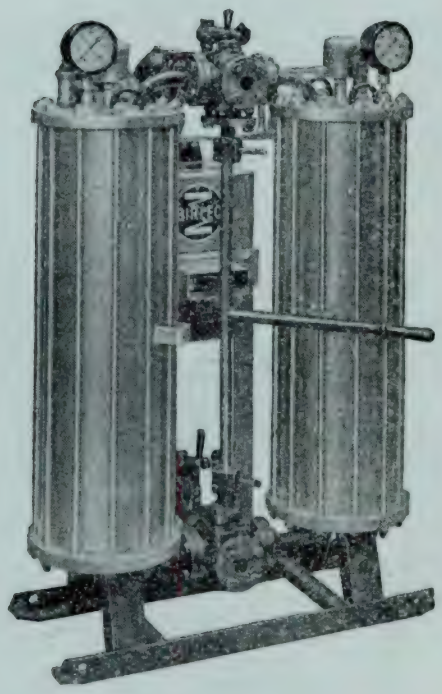
Representantes gerais em Portugal:

SOCOTEL, L.DA

Rua de Sá da Bandeira, 651-4.º Esq.

Tel. 27013 *(3 linhas)* **PORTO**

Exsicadores "Lectrodryer-Birlec"



Com o avanço da técnica actual não há necessidade de a vossa produção industrial continuar a ser afectada pelo excesso de humidade atmosférica.

Com os EXSICADORES «LECTRODRYER--BIRLEC» podem-se obter os baixos graus de humidade desejados, até 1 °/₀ de HR, em espaços condicionados desde 1 a 500.000 pés cúbicos de capacidade.

BIRLEC

LIMITED

BIRMINGHAM — Inglaterra

Peça detalhes aos Agentes:

AHLERS, LINDLEY, L.DA

Sede:

Rua Ferregial de Baixo, 33-2.º

LISBOA

Telef. 21321/4

Filial:

Palácio do Atlântico, 408

Praça D. João I

PORTO — Telef. 31414/5

2 — *Canal de transmissão*

Recebe a sucessão M_F (t) e transmite-a ao desmodulador onde é recebida com um atrazo no tempo de t_1.

O desmodulador recebe deste modo uma sucessão:

$$M_F\ (t - t_1)$$

3 — *Desmodulador*

Constitui o desmodulador um filtro passa-baixas ideal, cuja banda de transmissão é F.

A resposta do filtro à sucessão $M_F\ (t - t_1)$ é, como vamos demonstrar, proporcional à mensagem S_F (t) à parte um atrazo no tempo.

* * *

Consideremos (Fig. 8) um impulso de amplitude média $S_F\ (t_n)$, duração «δ T» centrado no instante $(t_n + t_1)$ que representa portanto um elemento genérico da sucessão $M_F\ (t - t_1)$.

O espectro deste impulso obtém-se a partir do integral de Fourier:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{t_n + t_1 - \frac{\delta T}{2}}^{t_n + t_1 + \frac{\delta T}{2}} S_F\ (t_n)\ \varepsilon^{-j\omega t}\ dt \tag{7}$$

o que conduz a:

$$S_F\ (t_n)\ \frac{1}{\pi\omega}\ \text{sen}\ \omega\ \frac{\delta T}{2}\ \varepsilon^{-j\omega (t_n + t_1)} \tag{8}$$

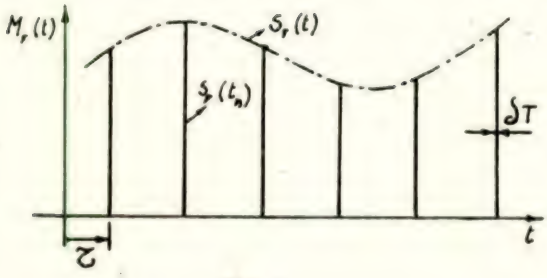


Fig. 7

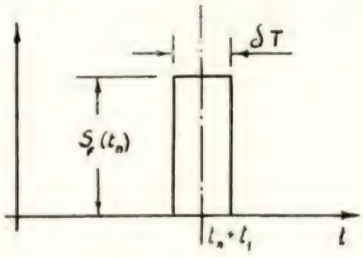


Fig. 8

A resposta a este impulso dum filtro ideal passa-baixas de banda de transmissão F e constante de fase $(-j\omega t_2)$ será:

$$S_n\ (t) = \int_{-2\pi F}^{2\pi F} \frac{S_F\ (t_n)}{\pi\omega}\ \text{sen}\ \frac{\omega\delta T}{2}\ \varepsilon^{j\omega (t - t_n - t_1 - t_2)}\ d\omega \tag{9}$$

Admitindo que δ T é infinitesimal será:

$$\frac{1}{\pi\omega}\ \text{sen}\ \omega\ \frac{\delta T}{2} \rightarrow \frac{\delta T}{2\pi}$$

obtendo-se para a resposta S_n (t) a seguinte expressão:

$$S_n\ (t) = S_F\ (t_n)\ \frac{\delta T}{\pi}\ \frac{\text{sen}\ 2\pi F\ (t - t_n - t_1 - t_2)}{(t - t_n - t_1 - t_2)} \tag{10}$$

A resposta S_2 (t) à sucessão $M_F\ (t - t_1)$ será, por se tratar dum sistema linear

$$S_2\ (t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n\ (t) \tag{11}$$

ou seja ainda:

$$S_2(t) = \frac{\delta T}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_F(t_n) \frac{\text{sen } 2\pi F(t - t_n - t_1 - t_2)}{(t - t_n - t_1 - t_2)} \tag{12}$$

Comparando esta expressão com (6) teremos:

$$S_2(t) = 2 F \delta T \quad S_F(t - t_1 - t_2) \tag{13}$$

Denominando:

$$t_2 + t_1 = t_0$$
$$2 F \delta T = K$$
$$S_F(t) = S_1(t)$$

obtemos finalmente:

$$S_2(t) = K \; S_1(t - t_0) \tag{14}$$

que é a expressão (1) que utilizamos na definição dum sistema de comunicação ideal.

Estabelecido este resultado, analisemos agora a possibilidade de realização prática dum sistema deste tipo.

Há dois pontos que é necessário considerar. Primeiro, discutir a possibilidade de realização dum filtro ideal o qual se utiliza no processo de limitação das mensagens no domínio da frequência e no desmodulador; segundo, analisar o resultado da substituição de impulsos de duração infinitésimal por impulsos de duração T, que é o caso de interesse prático.

Distorsão resultante do emprego dum filtro não ideal.

Como se sabe o filtro ideal é teòricamente impossível, a menos que se admita uma constante de fase infinita, esta impossibilidade conclui-se das propriedades do integral do Fourier. (Vide Apêndice II).

No que respeita à característica de amplitude podemos aproximar-nos da caractetística ideal na medida em que o desejarmos mas esta aproximação implica um correspondente aumento da constante de fase que no limite tende para infinito, o que, fisicamente, se traduziria num tempo de atraso infinito na recepção das mensagens, uma vez que a inclinação da característica de fase se torna infinita.

Tem interesse notar que esta impossibilidade é de natureza teórica e, portanto, independente dos meios que dispomos ou possamos vir a dispor para a realização de filtros.

Em consequência deste facto o processo de limitação das mensagens deve ser tomado num sentido aproximado, em segundo lugar a desmodulação tem que ser examinada.

Como se tinha visto, a resposta do desmodulador a cada impulso era da forma (10)

$$S_n(t) = S_F(t_n) \; 2 F \delta T \frac{\text{sen } 2\pi F(t - t_n - t_1 - t_2)}{2\pi F(t - t_n - t_1 - t_2)} \tag{10}$$

sendo o tempo de ocorrência do impulso o instante $(t_n + t_1)$.

Compreende-se, então, que t_2 tenha que ser infinito, caso contrário, como a função

$$\frac{\text{sen } 2\pi F t}{2\pi F t}$$

se estende a todo o tempo, desde menos a mais infinito, aconteceria que teríamos, se t_2 fosse finito, uma resposta $S_n(t)$ que antecederia o impulso que a origina (fig. 9).

A resposta dum filtro real a um impulso infinitesimal é sempre uma função do tempo que se inicia imediatamente após o tempo de ocorrência do impulso e que portanto nunca coincide com uma função do tipo

$$\frac{\text{sen } 2\,\pi\, F\,(t - t_n - t_1 - t_2)}{2\,\pi\, F\,(t - t_n - t_1 - t_2)}$$

Como, porém, esta função se anula ràpidamente à esquerda e à direita do valor máximo podemos, usando uma correcção de fase conveniente, aproximá-la.

A resposta dum filtro real passa a ter a forma que se indica na Fig. 10.

O tempo que medeia entre a ocorrência do impulso e o instante em que a resposta toma o seu valor máximo mede o tempo de atraso t_2.

* * *

Analisemos, agora, concretamente qual a distorsão que resulta do emprego dum filtro real cujas características são definidas pelo operador complexo $\overline{F}(\omega)$

$$\overline{F}(\omega) = A(\omega)\, \varepsilon^{-j\,\psi(\omega)} \tag{15}$$

De (8) resulta que o espectro dum impulso infinitesimal de amplitude $S_F(t_n)$ ocorrendo no instante $(t_n + t_1)$ é

$$\frac{S_F(t_n)\,\delta\, T}{2\,\pi}\, \varepsilon^{-j\,\omega\,(t_n + t_1)} \tag{16}$$

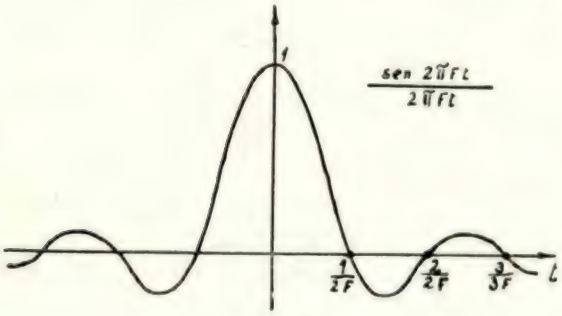


Fig. 9

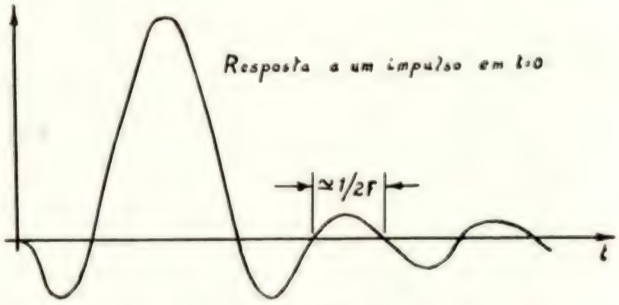


Fig. 10

O espectro da resposta $S_n(t)$ dum filtro ideal a este impulso é

$$\overline{E}\,[S_n(t)] = \frac{S_F(t_n)\,\delta\, T}{2\,\pi}\, \varepsilon^{-j\,\omega\,(t_n + t_1 + t_2)} \quad \text{na banda de transmissão}$$

$$= 0 \qquad \text{fora da banda de transmissão} \tag{17}$$

O espectro da resposta $S_n^*(t)$ do filtro real será:

$$\overline{E}\left[S_n^*(t)\right] = \frac{S_F(t_n)\,\delta\, T}{2\,\pi}\, \varepsilon^{-j\,\omega\,(t_n + t_1)}\, A(\omega)\, \varepsilon^{-j\,\psi(\omega)} \tag{18}$$

Designando por $S_2(t)$ e $S_2^*(t)$ as respectivas saídas do desmodulador para uma sucessão de impulsos, teremos:

$$\vec{E}\left[S_2(t)\right] = \sum_n \vec{E}\left[S_n(t)\right] \tag{18}$$

$$\vec{E}\left[S_2^*(t)\right] = \sum_n \vec{E}\left[S_n^*(t)\right] \tag{19}$$

Necessitamos agora de introduzir uma aproximação, pràticamente legítima. Suporemos que A (ω) se reduz a zero fora da banda de transmissão ($-F$ a F).

Sendo assim, de (17), (18), (19) e (20) resulta:

$$\vec{E}\left[S_2^*(t)\right] = \vec{E}\left[S_2(t)\right] \varepsilon^{j\omega t_2} A(\omega)\, \varepsilon^{-j\psi(\omega)} \tag{21}$$

Da interpretação de (21) conclui-se:

> «A distorsão resultante é a mesma que o filtro introduziria em S_2 (t) se este sinal lhe fosse aplicado directamente».

Este resultado é aproximado; no entanto o erro que se introduz é insignificante, pois é sempre possível reduzir A (ω) pràticamente a zero fora da banda de transmissão.

Análise no tempo dum «sistema racional». Equivalência prática duma mensagem a um número finito de dados.

No quadro n.º 1 representamos pormenorizadamente as fases essenciais da transmissão duma mensagem no sistema considerado.

S_F (t) é uma função de espectro limitado ao intervalo O a F e consequentemente ilimitada no tempo; a sua reconstituição no desmodulador implica o conhecimento dum número infinito de dados tomados no tempo com um intervalo de 1/2 F.

S_2^* (t) representa a resposta em regime quase estacionário à sucessão de impulsos $M_F(t-t_1)$, que supomos ilimitada, e é portanto a melhor reconstituição que podemos ter, usando um filtro real, da mensagem S_F (t).

Tem interesse analisar o que se passa se apenas transmitirmos um número finito de impulsos.

Suponhamos, então, que se transmite ao desmodulador um grupo de 12 impulsos — M_F (t). (1)

M_F (t) é transmitida e o desmodulador recebe-se com atraso t_1 ou seja — $M_F(t-t_1)$. (2)

Em (3) representa-se a resposta separada a cada impulso, admitindo-se que tem uma duração significativa de 8 T_r e que $t_2 = 3\ T_r$, em que $T_r = 1/2\,F$ é o período de repetição.

Por T_1 designa-se o instante em que pràticamente terminaria a influência do impulso B_1, imediatamente anterior a A_1, se tivesse sido transmitido. Isto significa, que a partir de T_1 atingiu-se aproximadamente o regime estacionário que se obteria se toda a sucessão passada ($B_1, B_2, \ldots, B_n$) tivesse sido transmitida. S_2^* (t) começa, assim, a ser reproduzida a partir de A_5.

Se A_{12} for o último impulso que se transmite, T_2 representa o instante em que seria necessário considerar a sucessão $C_1, C_2, \ldots, C_n$ para reconstituir S_2^* (t).

Chegamos assim à conclusão que a resposta coincide com o regime estacionário durante um tempo.

$$T_2 - T_1 = 5\ T_r$$

ou seja, desde A_5 a A_{10}.

Chamaremos T_i ao tempo perdido no estabelecimento e que é igual a:

T_i = Duração significativa da resposta à direita do valor máximo menos T_r

Neste caso

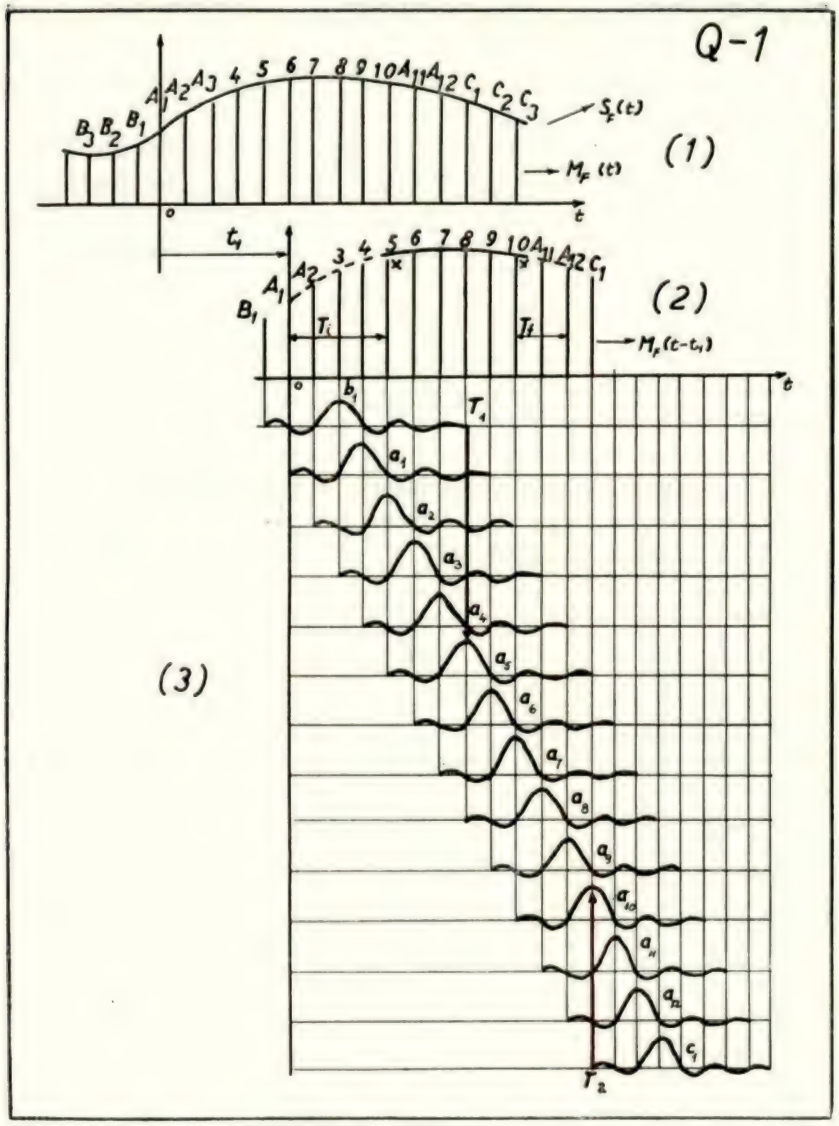
$$5\ T_r - T_r = 4\ T_r$$

Por outro lado, os últimos impulsos são insuficientes para reproduzir S_2^* (t) durante um tempo igual a T_f

T_f = Tempo de atraso t_2 menos T_r

ou seja, aqui,

$$3\ T_r - T_r = 2\ T_r$$



No total teremos um tempo perdido de

$$T_i + T_f$$

No caso presente

$$T_i + T_f = 6\ T_r$$

$T_i + T_f$ representa a duração significativa do impulso menos duas vezes o período de repetição

Como este tempo é independente da duração da mensagem que se transmite, segue-se que para durações importantes o erro que se comete na reprodução de S_2^* (t) é pequeno e limita-se aos extremos.

A fim de simplificar a figura, tomámos $T_i + T_f = 6\ T_r$.

Contudo, pràticamente a duração significativa da resposta dum filtro cuja banda de transmissão é F, é da ordem de grandeza de:

$$10 \cdot \frac{1}{F} = 20\ T_r$$

«Deste modo, se transmitirmos uma mensagem S_F (t) durante um tempo T que seja muito grande em relação a $T_r = 1/2F$, essa porção de mensagem fica pràticamente definida por um «número finito» de dados, cujo valor é aproximadamente 2 FT.»

Análise do efeito resultante de se usar impulsos de duração finita.

Examinemos agora o resultado de se substituir um impulso de duração infinitesimal por um impulso de duração T.

Até aqui utilizámos impulsos de duração infinitesimal δT; só nessa hipótese faz sentido falar-se no valor de $S_F(t)$ no instante de ocorrência do impulso, $S_F(t_n)$, e foi ainda para impulsos infinitesimais que se considerou a resposta do desmodulador a cada impulso.

Desprezando a distorsão introduzida pelo filtro a resposta no desmodulador era:

$$S_2(t) = 2\,F\,\delta T\;\; S_F(t - t_0) \tag{13}$$

ou, o que é o mesmo:

$$S_2(t) = \frac{\delta T}{T_r}\;\; S_F(t - t_0) \tag{22}$$

Nesta expressão não intervém nenhuma referência aos instantes exactos em que ocorrem os impulsos, o mesmo sucedendo na fórmula de interpolação (6).

Conclui-se daqui, que definindo os instantes de ocorrência dos impulsos por:

$$t_n = \frac{n}{2\,F} - \tau$$

$S_2(t)$ é independente de τ.

Sendo assim, se em vez dum impulso tivermos um grupo de n impulsos repetindo-se periòdicamente (Fig. 11), o conjunto é equivalente a n sucessões em que cada uma origina uma resposta

$$\frac{\delta T}{T_r}\; S_F(t - t_0)$$

e o conjunto, dada a linearidade do filtro

$$n\,\frac{\delta T}{T_r}\; S_F(t - t_0)$$

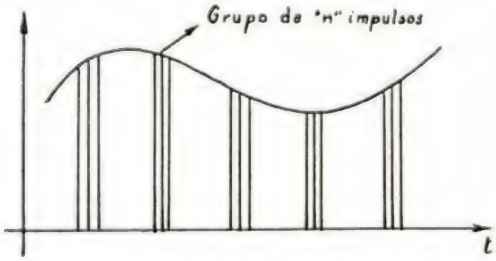


Fig. 11

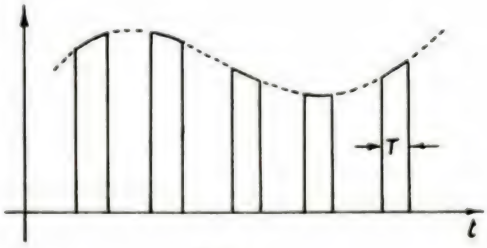


Fig. 12

Quer isto dizer que, se o interruptor do modulador se mantiver fechado durante um tempo T (Fig. 12), a sucessão $M_F(t)$ terá o aspecto que se indica e a resposta do filtro será:

$$\frac{T}{T_r}\; S_F(t - t_0) \tag{23}$$

* * *

A T/T_r chamaremos «coeficiente de utilização do tempo» e designaremos por η_t.

η_t dá-nos, em relação à duração da mensagem, a fracção de tempo que o sistema precisa de utilizar para a transmitir.

Ao inverso de η_t chamaremos «factor de multiplicidade»

$$\eta_m = \frac{T_r}{T}$$

«η_m dá-nos o número máximo de mensagens que se poderão transmitir usando o mesmo canal de transmissão intercalando no tempo disponível outras sucessões de impulsos da mesma duração.

Conclusão final:

Chega-se, assim, à conclusão final que o afastamento do sistema teórico reside apenas nos filtros que utiliza, quer na limitação das mensagens, quer no desmodulador.

Porque na realidade as sucessões de impulso provenientes do modulador estão moduladas em amplitude, é costume designar-se abreviadamente este sistema por «modulação em amplitude».

Posto isto, analisaremos o espectro das sucessões de impulsos moduladas em amplitude, do que resultarão ainda algumas conclusões importantes, sendo este o método clássico de estudo de qualquer tipo de modulação.

E — Espectro de sucessões de impulsos moduladas em amplitude

Consideremos (Fig. 13), o modulador anteriormente descrito.

S_F (t) será designada por e_1 (t), à qual se dá a forma corrente

$$e_1 (t) = E\,[1 + m\,f\,(t)] \tag{24}$$

f (t) constitui a mensagem e [1 + m f (t)] é uma grandeza sempre positiva sem dimensões físicas.

A saída do modulador e_2 (t) poderá obter-se de e_1 (t) mediante a relação

$$e_2 (t) = m\,(t)\,.\,e_1\,(t) \tag{25}$$

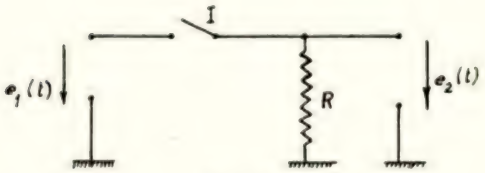


Fig. 13

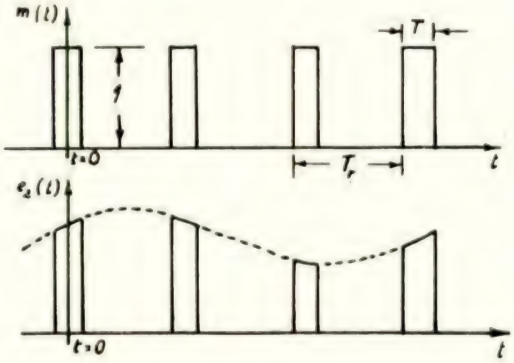


Fig. 14

em que:

m (t) = 1 para I fechado

m (t) = 0 para I aberto

No caso considerado m (t) é uma função periódica do tempo que se representa na Fig. 14.

T — duração do impulso

T_r — período de repetição $= \dfrac{1}{2\,F}$

Na mesma figura representa-se e_2 (t).

Desenvolvendo m (t) em série de Fourier obtemos para o caso do eixo dum dos impulsos passar pela origem dos tempos:

$$m\,(t) = \frac{T}{T_r} + \sum_{n=1}^{\infty} 2\,\frac{1}{\pi\,n}\,\text{sen}\,n\,\pi\,\frac{T}{T_r}\,\cos\,n\,\omega_r\,t \tag{26}$$

preferindo-se a forma equivalente

$$m(t) = \frac{T}{T_r} + \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} \frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \varepsilon^{j n \omega_r t} \tag{27}$$

Da relação (25)

$$e_2(t) = m(t)\, e_1(t)$$

será

$$e_2(t) = \frac{T}{T_r} E + \frac{T}{T_r} E\, m f(t) + \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} E \frac{1}{n \pi} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \varepsilon^{j n \omega_r t}$$

$$+ \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} E\, m f(t) \frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \cdot \varepsilon^{j n \omega_r t} \tag{28}$$

(28) representa a expressão analítica duma sucessão de impulsos modulada em amplitude, determinemos agora o seu espectro.

Designando por $\vec{g}(\omega)$ o espectro de $m f(t)$

$$\vec{E}\left[m f(t) \right] = \vec{g}(\omega) = F(\omega)\, \varepsilon^{-j \varphi(\omega)} \tag{29}$$

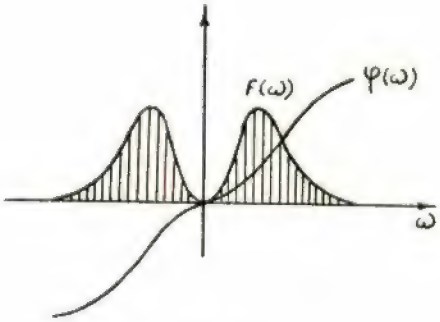


Fig. 15

e convencionando-se que:

$$\vec{E}\left[\varepsilon^{j \omega t} \right] = \delta(\omega - \omega_1)$$

$$\vec{E}\left[1 \right] = \delta(\omega) \qquad 1 = \varepsilon^{j o t} \tag{30}$$

em que $\delta(\omega)$ representa a função de Dirac; teremos a seguinte expressão para o espectro de $e_2(t)$.

$$\vec{E}\left[e_2(t) \right] = \frac{T}{T_r} E\, \delta(\omega) + \frac{T}{T_r} E\, \vec{g}(\omega)$$

$$+ \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0}}^{\infty} E \frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \delta(\omega - n \omega_r)$$

$$+ \sum_{\substack{n=-\infty \\ n \neq 0 - \infty}}^{\infty} E \frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \vec{g}(\omega - n \omega_r) \tag{31}$$

uma vez que:

$$\vec{E}\left[m f(t)\, \varepsilon^{j \omega_o t} \right] = \vec{g}(\omega - \omega_o) \tag{32}$$

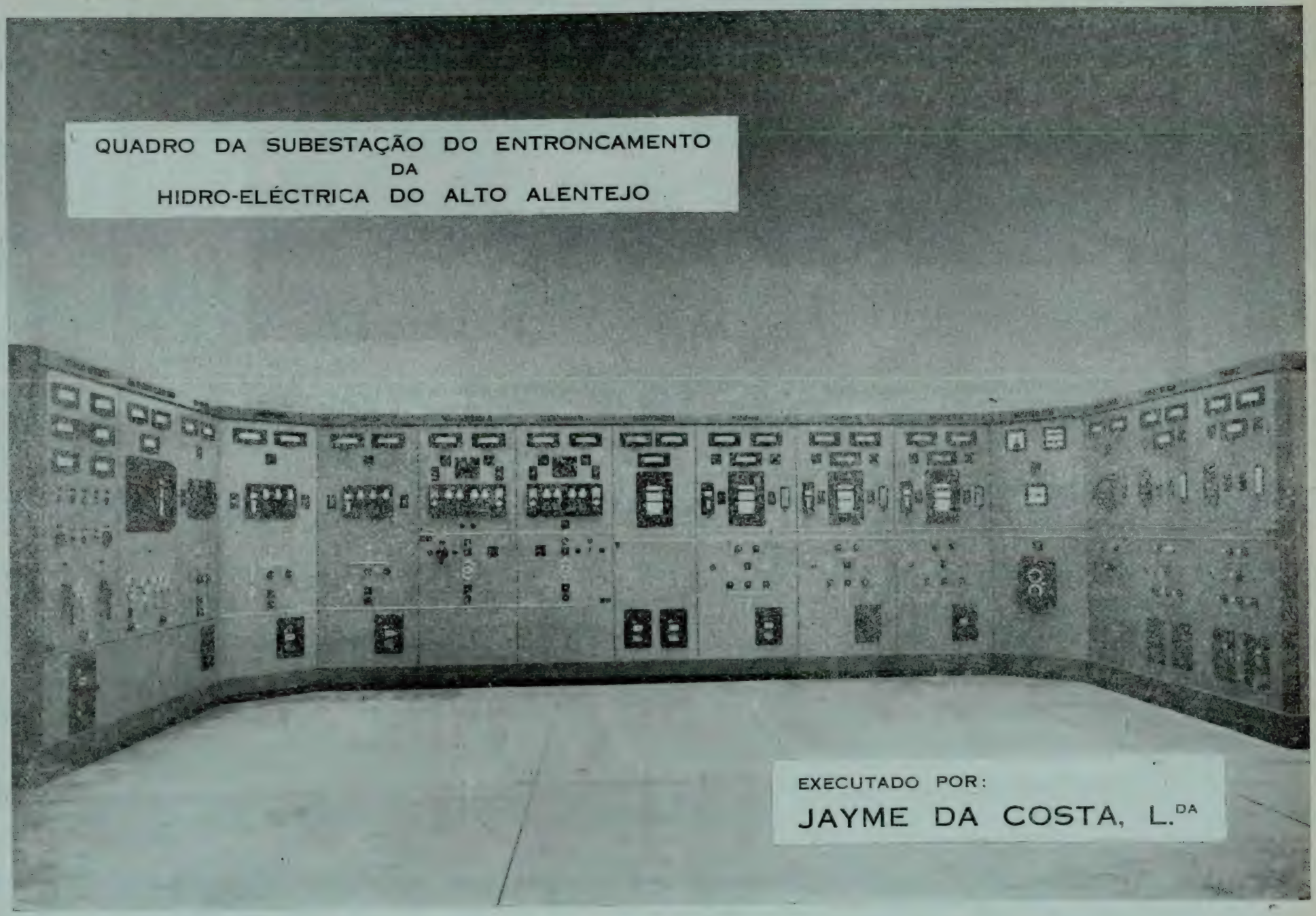
Na Fig. 16 representamos o espectro de $e_2(t)$ em que $\delta(\omega - n \omega_r)$, por ser infinita, se representa pelo coeficiente

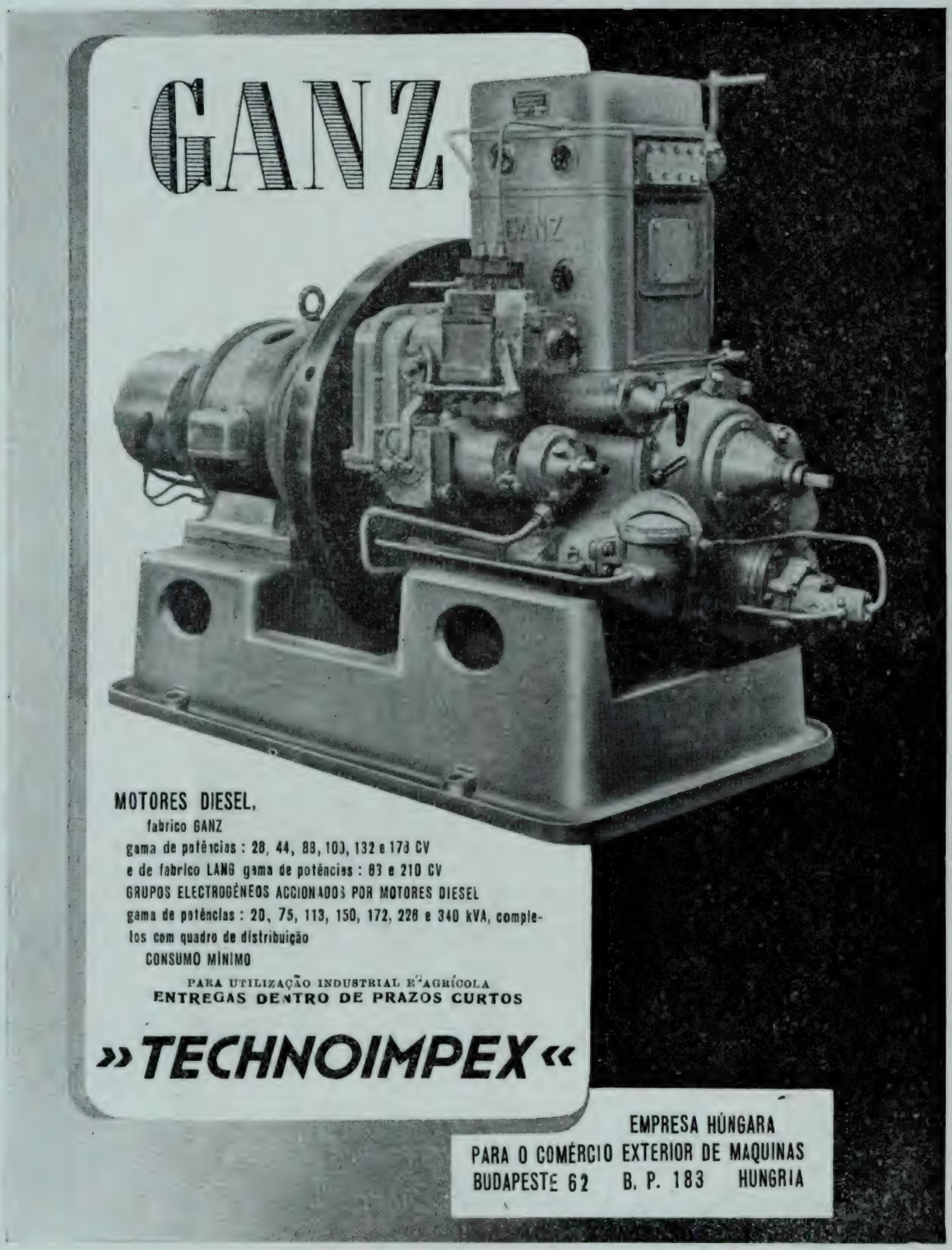
$$E \frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r}$$

Da Fig. 16 conclui-se:

Se o espectro de $mf(t)$ estiver limitado ao intervalo 0 a $f_r/2$ o espectro de $T/T_r\, E[1 + mf(t)]$ é separável do espectro de $e_2(t)$ mediante um filtro passa-baixas cuja banda de transmissão seja $F = f_r/2$.

Chegamos assim aos mesmos resultados que tínhamos anteriormente obtido.


QUADRO DA SUBESTAÇÃO DO ENTRONCAMENTO
DA
HIDRO-ELÉCTRICA DO ALTO ALENTEJO
EXECUTADO POR:
JAYME DA COSTA, L.DA


GANZ
GANZ
MOTORES DIESEL,
fabrico GANZ
gama de potências : 28, 44, 88, 103, 132 e 173 CV
e de fabrico LANG gama de potências : 83 e 210 CV
GRUPOS ELECTROGÉNEOS ACCIONADOS POR MOTORES DIESEL
gama de potências : 20, 75, 113, 150, 172, 228 e 340 kVA, completos com quadro de distribuição
CONSUMO MÍNIMO
PARA UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA
ENTREGAS DENTRO DE PRAZOS CURTOS
»TECHNOIMPEX«
EMPRESA HÚNGARA
PARA O COMÉRCIO EXTERIOR DE MAQUINAS
BUDAPESTE 62 B. P. 183 HUNGRIA

Da Fig. 16 concluímos ainda a possibilidade de obter um sinal sem distorsão usando um filtro passa-banda $[n\ f_r - f_r/2,\ n\ f_r + f_r/2]$ a que se seguirá a desmodulação duma oscilação sinusoidal modulada em amplitude.

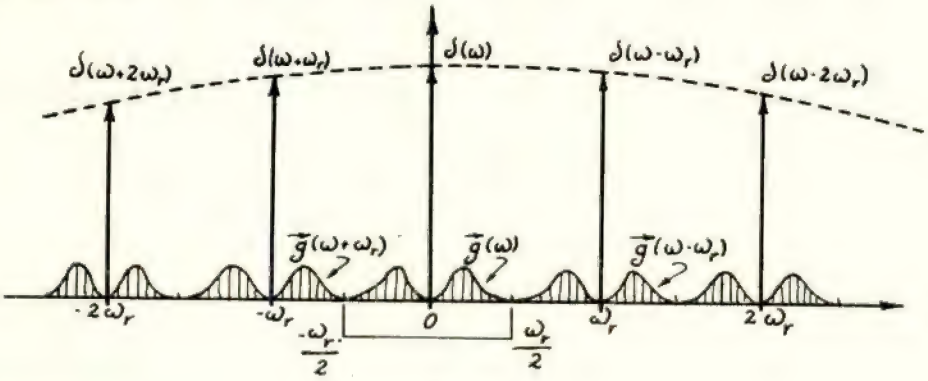


Fig. 16

Conclusões finais:

Se o espectro de f (t) ocupa uma banda que vai além de $F = f_r/2$ haverá como é evidente, (Fig. 17), distorsão que resulta das bandas de $\vec{g}\ (\omega)$ e bandas interiores da frequência de repetição se sobreporem.

Tudo se passa como se o espectro se reflectisse no eixo que passa pelas frequências $\pm\ f_r/2$.

* * *

Se a característica de amplitude A (ω) do filtro passa-baixas se reduzir a zero fora do intervalo $(\pm f_r/2)$ a distorsão que o desmodulador introduz é a mesma que o filtro introduziria se lhe aplicássemos directamente f (t) o que já tínhamos concluído. Como, porém, A (ω) não se reduz a zero pois teòricamente nenhum filtro pode ter atenuação infinita, há sempre outro tipo de distorsão que resulta da inclusão de todas as frequências nf_r e suas bandas, admitimos que pràticamente é desprezável.

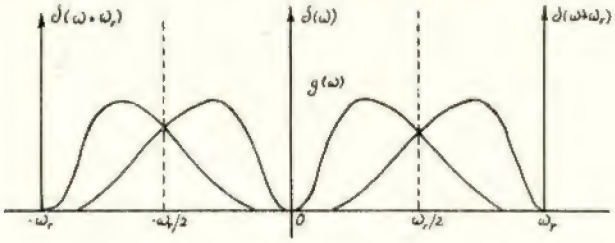


Fig. 17

* * *

Se, agora, para uma função f (t) de espectro limitado ao intervalo O a F diminuíssemos a frequência de repetição para um valor menor que 2 F também resultaria uma sobreposição de bandas.

[2 F] impulsos por unidade de tempo é, assim, o número mínimo que se pode utilizar sendo, portanto, o sistema considerado um sistema racional.

F — Funções de espectro limitado a um intervalo de frequências que não se inicia em zero

É possível demonstrar-se matemàticamente que ainda nestas condições a função fica completamente definida por um conjunto discreto de dados cujo número é em média $[2\,\Delta f]$ por unidade de tempo.

Goldman no seu livro «Teoria da Informação» faz essa demonstração.

A função vem expressa nos valores de $S_{\Delta f}(t)$ tomados em instantes intervalados de $1/\Delta f$ e nos valores da transformada de Hilbert de $S_{\Delta f}(t)$ tomados nos mesmos instantes, o que conduz aos $[2\Delta f]$ dados por unidade de tempo.

* * *

Há, contudo, casos em que é possível utilizar só os valores de $S_{\Delta f}(t)$ e transmiti-la usando uma técnica semelhante à que anteriormente se considerou.

Isto sucede sempre que o intervalo $\Delta f = f_2 - f_1$ for tal que:

$$\begin{aligned} f_2 &= (K+1)\,\Delta f \\ f_1 &= \quad K \quad \Delta f \\ K &= \text{inteiro} \end{aligned} \tag{33}$$

Nestas condições é possível transmitir-se $S_{\Delta f}(t)$ usando o mesmo modulador e uma frequência $f_r = 2\Delta f$; simplesmente, o desmodulador é agora um filtro passa-banda cuja banda de transmissão é Δf e que exclua f_2 e f_1.

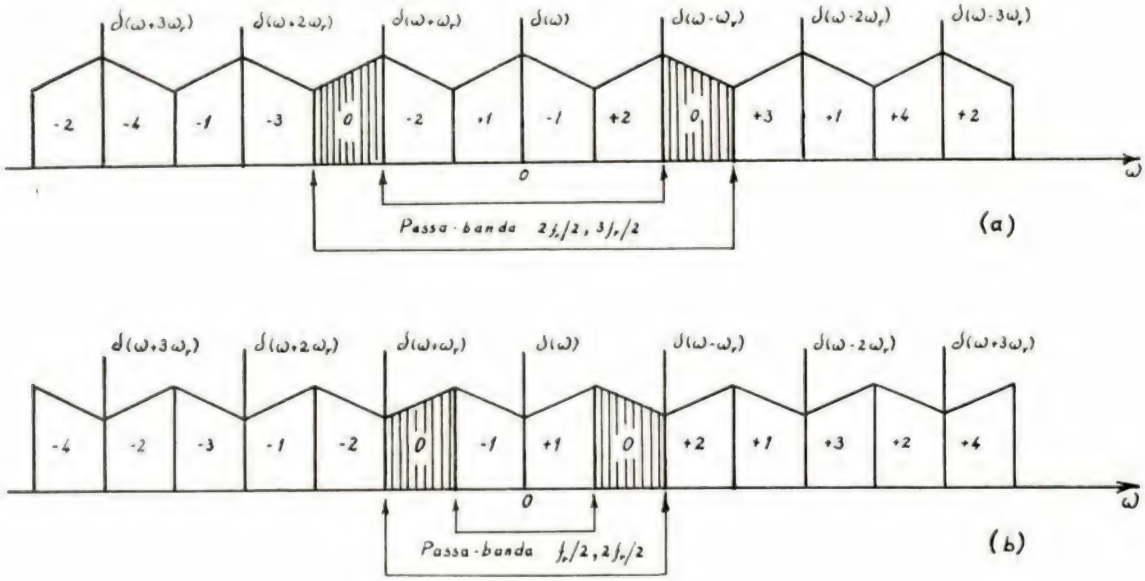


Fig. 18

Efectivamente, nestas condições o espectro de $S_{\Delta f}(t)$ não é sobreposto pelas bandas laterais das frequências nf_r (Fig. 18 — *a* e *b*).

Em (a)

$$\Delta f = 3\frac{f_r}{2} - 2\frac{f_r}{2}$$

Em (b)

$$\Delta f = 2\frac{f_r}{2} - \frac{f_r}{2}$$

Por [0] e a tracejado representa-se o espectro de $S_{\Delta f}(t)$ e por $[\pm n]$ as bandas laterais de $\pm nf_r$.

No caso do espectro incluir uma frequência multipla de $f_r/2$ (Fig. 19), a solução mais prática será aumentar a frequência de repetição para $f'_r > f_r$ até que o espectro se inicie numa frequência múltipla de $f'_r/2$.

Isto significa que numa mensagem de duração T muito grande em relação a T_r haverá $[f'_r - 2 \triangle f]$ T dados a mais do que seria necessário para matemàticamente a definir, pois que, o número de dados independentes é aproximadamente

$$2 \triangle f T$$

Esta regra prática deve-se a Benett (B. S. T. J. — Julho — 1949).

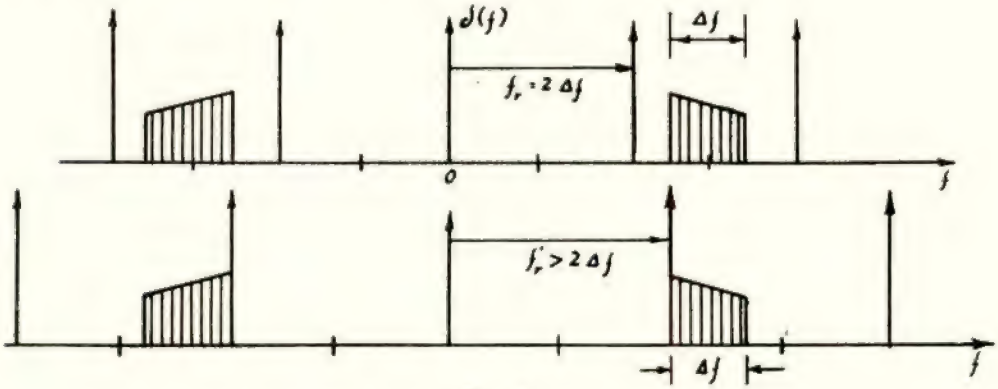


Fig. 19

G — Parte experimental

A fim de ilustrar a teoria exposta realizámos no laboratório algumas experiências sobre sucessões de impulsos moduladas em amplitude.

No quadro n.º 2 figura o esquema da montagem utilizada que consta essencialmente do modulador e desmodulador sendo o canal de transmissão substituído por uma ligação directa entre os dois elementos.

Modulador: Usamos para este fim um amplificador com saída pelo cátodo com as seguintes características:

Tubo: 6 AC 7 ligado como triódio
Resistência catódica . . . . . $R_k = 130\ \Omega$
Tensão anódica . . . . . $V_a = 180$ V
Polarização de grelha . . . . . $V_g = -15$ V

Em série no circuito de grelha, estão um gerador de impulsos positivos e um oscilador de audio-frequência.

R_k tem um valor baixo para que a impedância de saída do modulador seja pequena em relação à impedância de entrada do filtro.

Para obtermos um sinal de amplitude conveniente foi necessário trabalhar com tensões de grelha positivas; como as impedâncias de saída do gerador de impulsos e do oscilador são baixas, a corrente de grelha não introduz distorsão apreciável.

Desprezando a corrente de grelha e considerando o amplificador como um sistema linear, a impedância de saída tem a expressão conhecida:

$$Z_s = \frac{R_k}{1 + gm\ R_k \dfrac{\mu + 1}{\mu}}$$

em que:

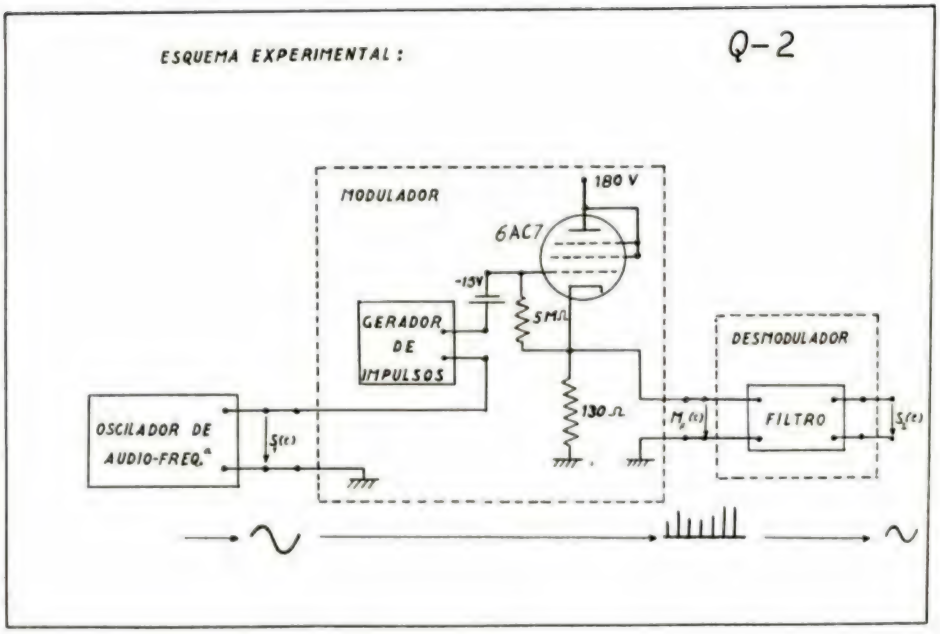
$$Gm \simeq 13.000\ \mu \text{ mhos}$$

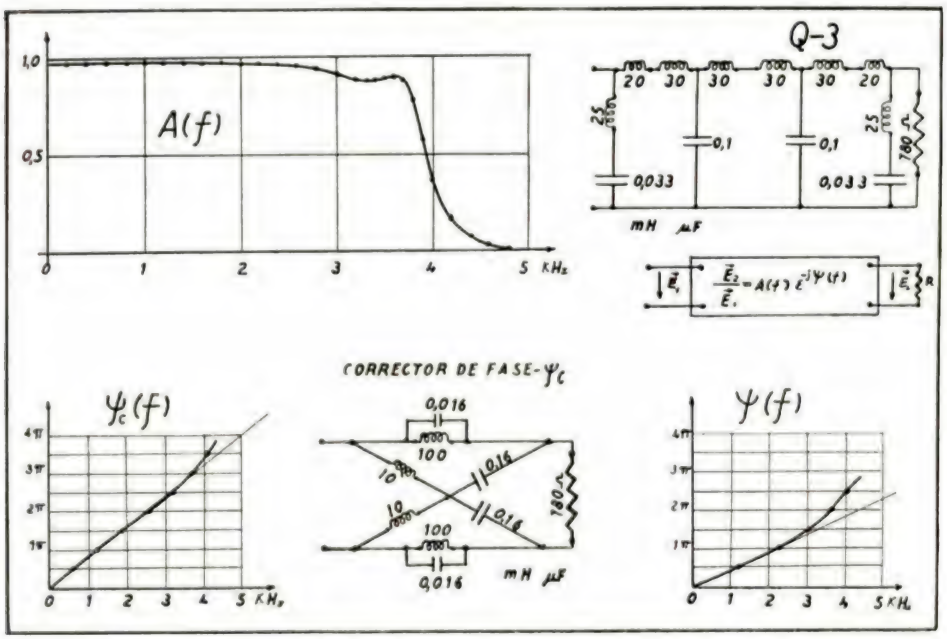
e:

$$\mu \simeq 40$$

donde resulta:

$$Z_s = 48\ \Omega$$





A impedância de entrada do filtro na banda de transmissão é da ordem de 700 Ω.
O ganho do amplificador tem a expressão:

$$A = \frac{gm\ R_k}{1 + gm\ R_k\ \frac{\mu + 1}{\mu}}$$

o que, para os valores considerados, conduz a:

$$A = 0{,}63$$

Na Fot. 11 mostra-se uma característica dinâmica traçada experimentalmente, a qual repre senta a lei de variação da tensão em R_k, v_{Rk}, em função da tensão de grelha, v_g.

Como se vê, é pràticamente rectilínea, estando a sua inclinação de acordo com o ganho teórico $A \simeq 0{,}63$.

O princípio de funcionamento do modulador é simples.

Para

$$V_a = 180 \text{ V}$$

e

$$V_g = -15 \text{ V}$$

o tubo não conduz; os impulsos positivos tornam-no condutor, sobrepondo-lhes um sinal de audio-frequência obtemos à saída uma sucessão de impulsos modulada em amplitude (Fig. 20).

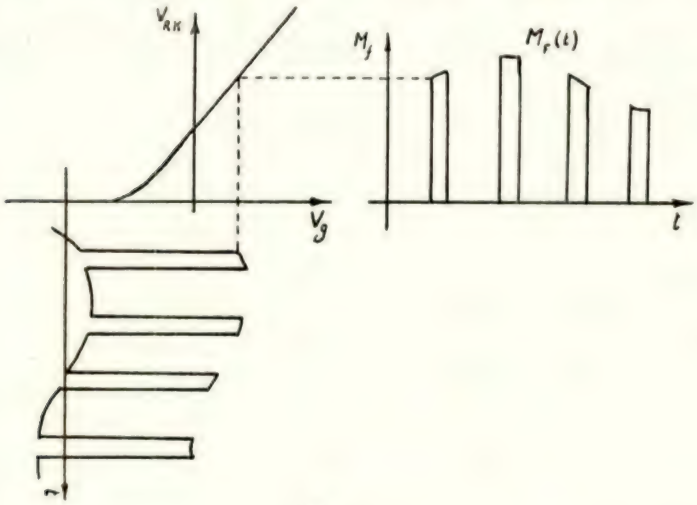


Fig. 20

A acção do gerador de impulsos é semelhante à do interruptor I que anteriormente consideramos.

Desmodulador:

É um filtro passa-baixas constituído pela associação em cadeia de dois «T» com duas «secções derivadas — m» (Fig. 21).

Valores usados:

$L = 60$ mH $\quad C = 0{,}1\ \mu F$

Frequência limite:

$$f_L = \frac{1}{\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}} = 4.120 \text{ Hz}$$

Impedância característica do filtro para $f = 0$

$$Z_{f=0} = \sqrt{\frac{L}{C}} = 775\ \Omega$$

A fim de se obter uniformidade na lei de variação da impedância característica com a frequência, o melhor valor de m é, como se sabe, 0,6.

Para nos adaptarmos às bobinas existentes no Laboratório usamos $m = 0{,}66$.

No quadro n.º 3 representa-se o esquema do filtro e os valores dos seus elementos.

No mesmo quadro figuram as características de amplitude e de fase em função da frequência para uma resistência de carga de 780 Ω.

Apresentamos, também, a característica de fase do mesmo filtro terminado por um corrector de fase de impedância característica 780 Ω cujo esquema figura também no quadro n.º 3.

Fig. 21

Interpretação dos oscilogramas

Fotografia 1:

Mostra a forma dos impulsos à saída do modulador.

Cada impulso tem a duração de 2 μs, aproximadamente, e a frequência de repetição é aqui de 50 K Hz a fim de se poder observar bem a forma dos impulsos.

A fotografia foi tirada com o desmodulador ligado, não se notando deformação dos impulsos.

Fotografia 2:

Representa uma sucessão não modulada. A frequência de repetição que normalmente se utilizou, $f_r = 8.400$ Hz $T_r = 119\ \mu s$, é sensìvelmente igual ao dobro da frequência limite do filtro ($f_L = 4.120$ Hz).

Fotografias 3-4:

Representam aspectos típicos de sucessões de impulsos moduladas em amplitude.

Na Fot. 3 temos impulsos curtos, 2 μ s, o que pràticamente nos aproxima do sistema ideal em que T é infinitesimal.

Na Fot. 4 temos impulsos de 30 μ s, o que representa uma duração sem interesse prático. Serve, no entanto, para mostrar a forma que os impulsos apresentam nas sucessões moduladas em amplitude, a qual, como se discutiu, não introduz distorsão.

Fotografias 5-6:

Representam uma sucessão modulada por uma sinusóide de frequência $f = 1.050\ H_z = 1/8\ f_r$ e o resultado da desmodulação.

À entrada do desmodulador a sinusóide modulante tem uma amplitude igual a:

$$\frac{3,7}{2} = 1,85 \text{ Volt.}$$

À saída tem uma amplitude:

$$\frac{0,061}{2} = 0,0305 \text{ Volt.}$$

Teòricamente, a amplitude do sinusóide desmodulada deveria ser:

$$\frac{T}{T_r} \times \text{Amplitude de entrada}$$

Para

$$T = 2\ \mu s$$

$$T_r = 119\ \mu s$$

obtemos:

$$0,031 \text{ V}$$

Este valor concorda com o valor prático, 0,0305 V, devendo notar-se que uma tão grande aproximação se explica por imprecisão na medição da duração do impulso que pode ser ligeiramente superior a 2 μ s, o que, aliado ao facto do filtro ter poucas perdas

$$A\ (\omega) = 0,98 \quad \text{para} \quad f = 1.050\ H_z$$

explica o ter-se obtido um resultado prático igual a 0,99 do valor teórico.

Fotografias 7-8:

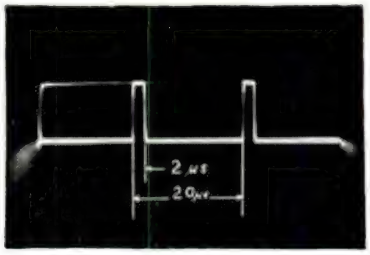
Podiam-se tirar conclusões semelhantes às de 5-6, servindo também para evidenciar o facto, já apontado, de que não é possível, com rigor, reconstituir o sinal modulante da simples inspecção da sucessão modulada.

Fotografias 9-10;

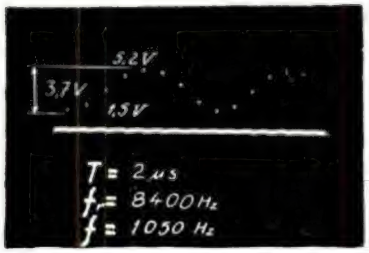
Evidencia-se, aqui, a existência das bandas laterais da frequência de repetição e a sua possível inclusão no sinal desmodulado.

Em (9) temos:

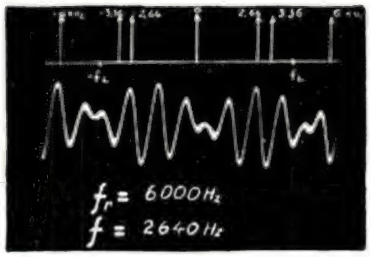
Filtro passa-baixas $f_L = 4.120\ H_z$
Frequência de repetição $f_r = 6.000\ H_z$
Frequência do sinal modulante $f = 2.640\ H_z$
Frequência da banda lateral mais próxima $f_l = 6,000 - 2.640 = 3.360\ H_z$



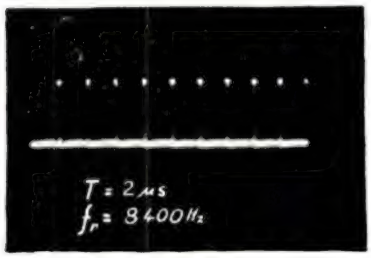
Fot. 1



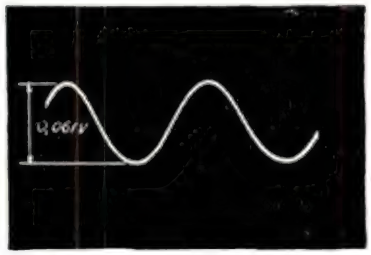
Fot. 5



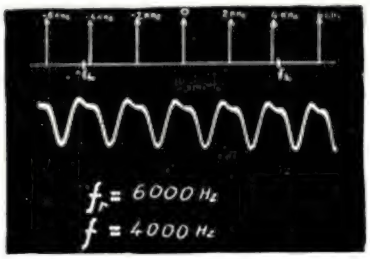
Fot. 9



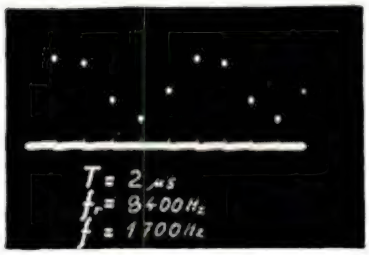
Fot. 2



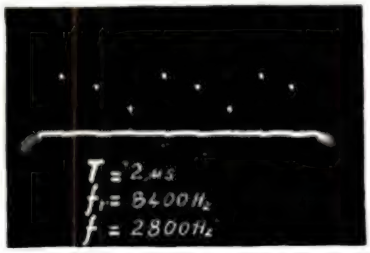
Fot. 6



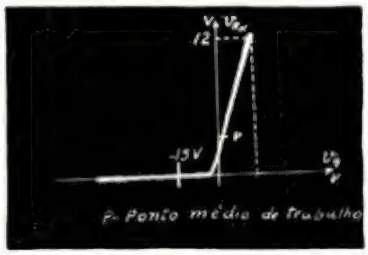
Fot. 10



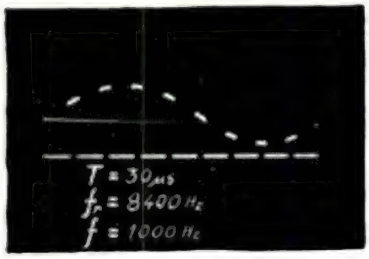
Fot 3



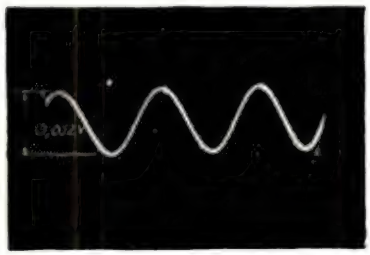
Fot. 7



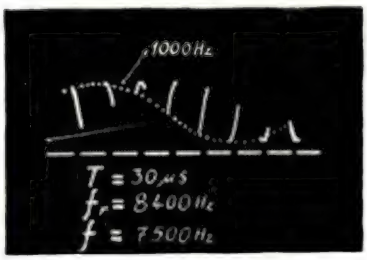
Fot. 11



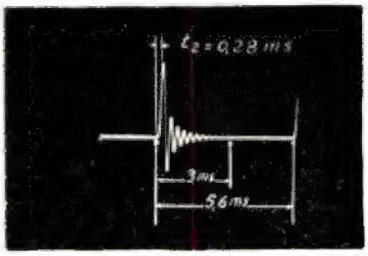
Fot. 4



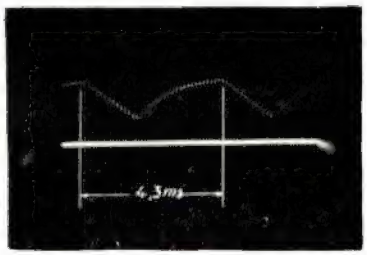
Fot 8



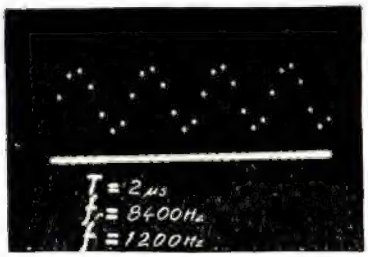
Fot. 12



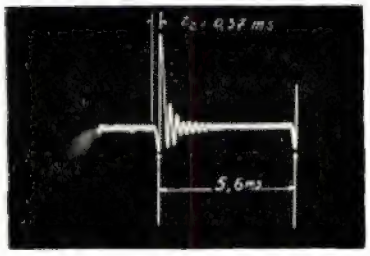
Fot. 13



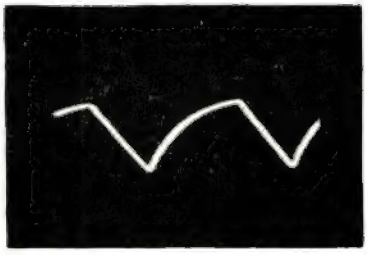
Fot. 17



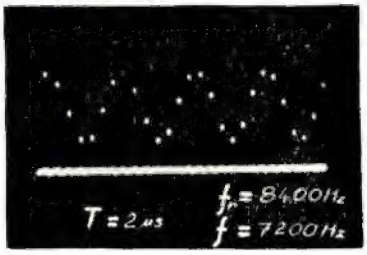
Fot. 21



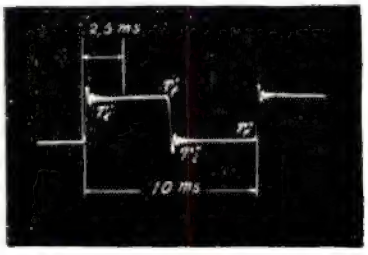
Fot. 14



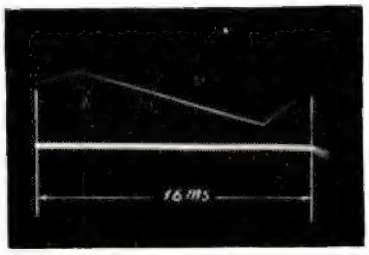
Fot. 18



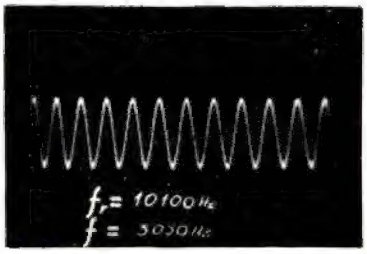
Fot. 22



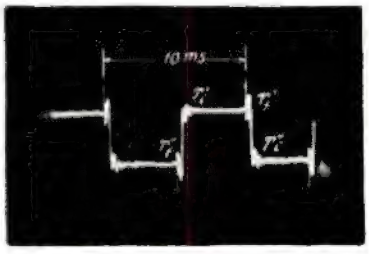
Fot. 15



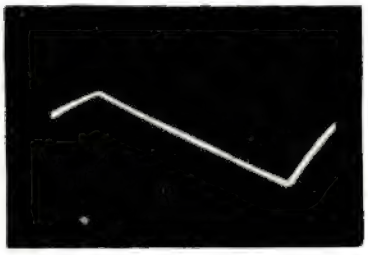
Fot. 19



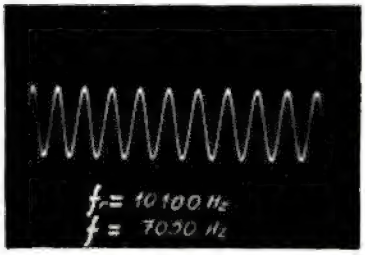
Fot. 23



Fot. 16



Fot. 20



Fot. 24

Na desmodulação, o filtro inclui as duas oscilações, sendo o seu conjunto aproximadamente equivalente ao produto de duas sinusoides de frequências respectivamente iguais à semi-soma e semi-diferença das frequências 2.640 H_z 3.360 H_z, o que está patente na fotografia.

Como a duração T é muito menor que T_r admite-se que a amplitude da banda lateral é igual à amplitude do sinal, o que permite concluir a referida equivalência.

Em (10):

A frequência do sinal modulante é 4.000 H_z
A banda lateral mais próxima tem uma frequência 2.000 H_z

Como para 4.000 H_z o filtro já introduz uma atenuação importante, o resultado é uma função periódica com uma segunda harmónica de pequena amplitude.

Fotografias 13-14:

Na fotografia 13 mostra-se a resposta do filtro utilizado a um impulso de 2 μ s.

O espectro dum impulso rectangular é:

$$\frac{E}{\pi \omega} \text{ sen } \frac{\omega T}{2}$$

Como em toda a banda de transmissão $\frac{\omega T}{2}$ mantém um valor muito pequeno:

$$f = 4.000 \text{ H}_z \rightarrow \frac{\omega T}{2} = 0{,}025$$

a expressão do espectro pode simplificar-se para:

$$\frac{E T}{2 \pi}$$

Sendo assim, a reaposta é pràticamente a que se obteria se o impulso fosse infinitesimal.

Verifica-se que difere de modo sensível da função $\frac{\text{sen } x}{x}$; o facto deve-se à constante de fase não variar linearmente na banda de transmissão (quadro n.º 3).

Na foto 14 mostra-se a resposta quando se usa um corrector de fase aproximando-nos, então, mais da função elementar ideal.

Como a duração significativa de qualquer das respostas é da ordem dos 3 ms, segue-se que uma forma muito próxima da ideal exigirá um tempo de atraso t_2 da ordem de 1,5 ms.

Tanto num caso como noutro os tempos de atraso são muito menores, como se pode observar nos oscilogramas.

Teòricamente são medidos, aproximadamente, pela derivada da constante de fase $\psi(\omega)$ tomada na origem

$$t_2 \cong \left[\frac{d \psi(\omega)}{d \omega} \right]_{\omega = 0}$$

Dos gráficos do quadro n.º 3 tiramos:

Filtro sem correcção de fase	$t_2 = 0{,}22$ ms
Filtro com correcção de fase	$t_2 = 0{,}40$ ms

Valores que coincidem aproximadamente com os que se indicam nos oscilogramas.

* * *

Quanto à duração significativa da resposta encontramos, experimentalmente, 3 ms o que relativamente ao período de repetição $T_r = 119\ \mu s$ dá:

$$\frac{\text{Duração significativa}}{T_r} \cong 25$$

Isto significa que o tempo transitório numa mensagem constituída por um número finito de impulsos é:

$$\text{Duração significativa} - 2\ T_r = 23\ T_r$$

ou seja, neste caso: 2,7 ms.

Fotografias 15-16:

A fotografia 15 representa a desmodulação duma sucessão de frequência de repetição 8.400 H_z modulada por uma onda quadrada de período 10 ms no caso de se não usar corrector de fase no filtro.

Como se trata duma onda quadrada, ao tempo T'_i necessário para se atingir o regime estacionário no patamar superior corresponde um tempo T''_i para se atingir o regime estacionário no patamar inferior.

O mesmo se dizendo dos tempos T'_f e T''_f durante os quais os últimos impulsos são incapazes de definir os respectivos patamares.

A um período T'_f segue-se um tempo T''_i e a um tempo T''_f segue-se um tempo T'_i.

O tempo durante o qual se perde a reprodução exacta, àparte a indeterminação resultante dum patamar não conter sempre um número inteiro de períodos T_r é medido aproximadamente pelo intervalo correspondente a dois tempos contíguos (T'_i T'_f), ou (T''_f T''_i), o qual deve ser da ordem de grandeza do tempo que se calculou: 2,7 ms.

Efectivamente mede-se no oscilograma 2,5 ms. Como as oscilações se amortecem ràpidamente é difícil levar mais longe a verificação.

A fotografia 16 representa o mesmo no caso de usar corrector de fase, notando-se como seria de esperar que os tempos T_f tendem a ficar iguais aos tempos T_i.

* * *

As fotografias consideradas são aquelas que apresentam maior interesse prático e directamente se relacionam com a teoria exposta.

Focaremos, nas restantes, alguns aspectos que consideramos teòricamente, de interesse.

* * *

Fotografias 17-18-19-20:

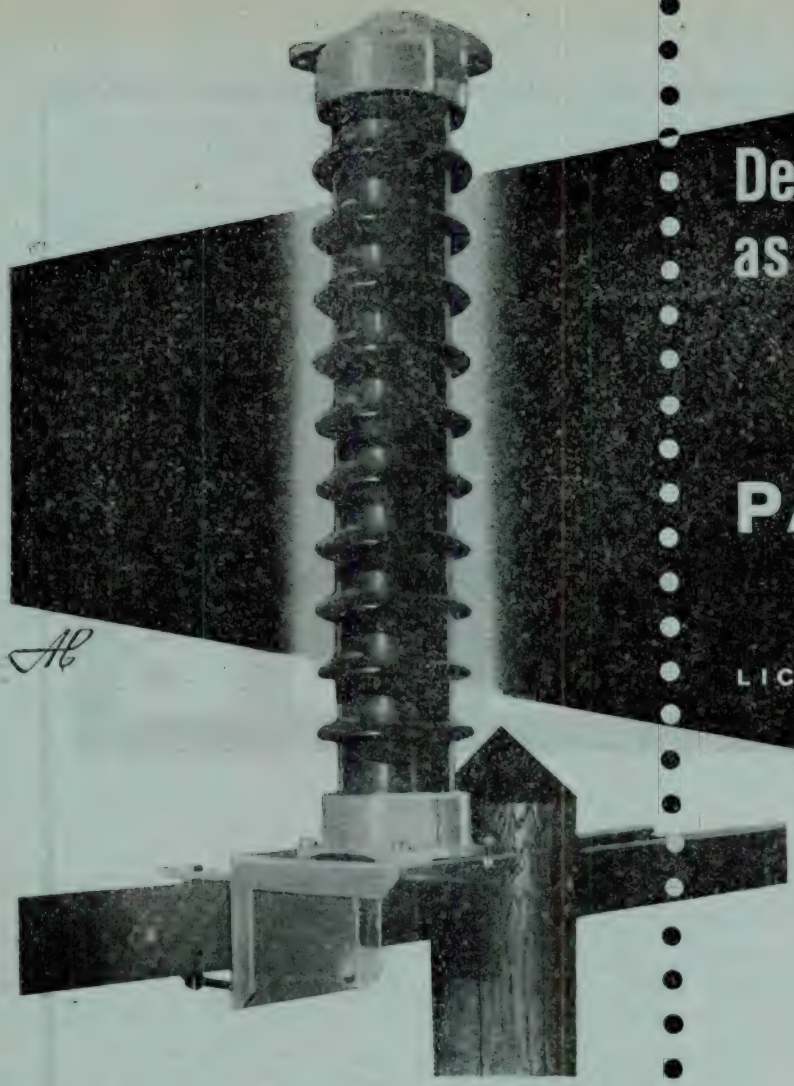
A fotografia 17 representa uma sucessão modulada por uma função periódica cuja derivada é discontínua.

Em 18 temos o resultado da desmodulação (filtro sem corrector de fase). Àparte umas ligeiras oscilações nas regiões vizinhas dos pontos angulosos, não temos distorsão apreciável.

O facto deve-se a que no desenvolvimento em série de Fourier os coeficientes das harmónicas são da ordem de $1/n^2$ (n = ordem da harmónica).

Sendo assim, pode-se considerar uma aproximação suficiente tomar os termos até à 10.ª harmónica. Como o período é 4,3 ms a frequência da fundamental é 232 H_z e da 10.ª harmónica 2.320 H_z.

Até este valor, a constante de fase varia quase linearmente, justificando-se assim a boa reprodução duma função que teòricamente tem um espectro ilimitado no domínio da frequência. As fotografias 19-20, são semelhantes, verificando-se que a reprodução não melhora de modo apreciável, pelo facto de se ter aumentado o número de impulsos.



Defenda eficazmente as suas instalações

com a protecção que lhes pode ser dada pelos

PÁRA-RAIOS ACEC

LICENÇA WESTINGHOUSE

ACEC CHARLEROI

PRODUTO DA MAIS RECENTE E APERFEIÇOADA TÉCNICA DE FABRICAÇÃO

Tipo AX

Pára-raios de expulsão, destinado à protecção de transformadores de distribuição.

Tensão nominal: 0,75 kV a 15 kV

Tipo ASV

Pára-raios de resistência variável, para instalações de grande importância.

Tensão nominal a partir de 3 kV

Tipos ALV e ALS

Pára-raios de resistência variável, para instalações de média importância.

ALV — Tensão nominal: 3 a 25 kV

ALS — Tensão nominal de 0,15 a 0,75 kV

Tipo ALVS

Pára-raios de resistência variável, para instalações importantes.

Tensão nominal de 20 a 85 kV

FABRICANTES

ACEC — ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE CHARLEROI

CHARLEROI · BÉLGICA

REPRESENTANTES GERAIS

INEL - INDÚSTRIAS ELÉCTRICAS ASSOCIADAS

SEDE EM LISBOA: RUA RODRIGO DA FONSECA, 76, 4.º
TELEF. 40174, 47355, 55317, 56582 e 57158 — TELEG.: INELA-LISBOA

DELEGAÇÃO NO PORTO: RUA DE SANTA CATARINA, 470
TELEF. 28841, 28842 e 28843 — TELEG.: INELAPO-PORTO

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

Fotografias 21-22-23-24:

Estas fotografias evidenciam um fenómeno curioso; duas sucessões moduladas por sinusóides de frequências diferentes 1.200 H_z e 7.200 H_z apresentam exactamente o mesmo aspecto.

Isto explica-se do modo seguinte:

Modulando uma sucessão de frequência de repetição $f_r = 8.400$ H_z por uma sinusóide de frequência 7.200 H_z a banda lateral de f_r que apresenta frequência mais baixa é exactamente: 1.200 $H_z = 8.400 - 7.200$ H_z.

O filtro do desmodulador inclui a banda lateral e exclui a frequência modulante.

Se os impulsos forem muito curtos, a amplitude da banda lateral é igual à do sinal, pois que vem afectada por:

$$\frac{1}{\pi n} \operatorname{sen} \pi n \frac{T}{T_r} \simeq \frac{T}{T_r}$$

Sendo assim, o resultado é exactamente o mesmo, àparte a fase, quando modulamos com f ou com $f_r - f$; este facto deve vir assinalado já na sucessão modulada, pelo que as duas sucessões têm exactamente o mesmo aspecto.

Se os impulsos tiverem uma duração apreciável, já o aspecto é diferente; compare-se a fotografia 12 com 4.

«Daqui se conclui que a distorsão, no que respeita à inclusão das bandas laterais da frequência de repetição, traduz-se directamente na sucessão modulada».

* * *

As fotografias 23 e 24 mostram o resultado da desmodulação para uma frequência de 10.100 H_z de duas sucessões moduladas respectivamente por sinusoides de frequências 3.050 H_z e 7.050 H_z = = 10.100 — 3.050; como seria de esperar o resultado da desmodulação é exactamente o mesmo

* * *

Pode-se estabelecer um resultado semelhante para todas as frequências da forma $n f_r \pm f$ o que se conclui fàcilmente do espectro da sucessão modulada.

Desde que os impulsos sejam suficientemente curtos para que se possa tomar

$$\frac{1}{n \pi} \operatorname{sen} n \pi \frac{T}{T_r} \simeq \frac{T}{T_r}$$

o espectro correspondente a $n f_r \pm f$ é igual ao espectro duma sucessão modulada por uma frequência f.

II — Importância da "modulação em amplitude" na comunicação por impulsos. Outras formas de modulação. Códigos.

Pelas suas características e simplicidade o sistema considerado constitui um atraente processo de comunicação por impulsos.

Convém, aqui, salientar especialmente os dois seguintes factos:

a) A distorsão que o sistema introduz reduz-se a um valor insignificante desde que se use um modulador com uma característica linear e se tenha na desmodulação um filtro suficientemente próximo do ideal.

Isto significa que intrìnsecamente o sistema não introduz distorsão, resultando esta, apenas, da inevitável aproximação que se tem de usar na realização dos seus elementos.

b) Os impulsos ocorrem periòdicamente com uma duração constante T dispondo-se, deste modo, de intervalos regularmente distribuídos no tempo, que podem ser utilizados para transmitir simultâneamente outras mensagens pelo mesmo canal de transmissão.

Sendo T a duração de cada impulso, será necessário dispor, pràticamente, para cada mensagem e por período T_r dum tempo $T_I > T$.

O número de mensagens que se pode transmitir será:

$$N = \frac{T_r - T_s}{T_I} \tag{34}$$

em que T_s representa um intervalo de tempo para transmitir um impulso destinado à sincronização do distribuidor e separador dos impulsos correspondentes às diversas mensagens (Fig. 22).

O número de mensagens N está limitado superiormente pelo factor de multiplicidade.

$$r_m = \frac{T_r}{T}$$

Quando se utiliza uma modulação no tempo os impulsos ou variam em duração, ou se deslocam em relação ao tempo t_n definido por:

$$t_n = \frac{n}{2\,F} - \tau_K$$

em que τ_K é um tempo característico de cada mensagem.

Em qualquer das hipóteses isto significa que a ocorrência dos lados do impulso depende em cada instante do sinal modulante, devendo reservar-se um intervalo T_I que inclua qualquer situação possível. Evita-se, deste modo, que se sobreponham impulsos de mensagens vizinhas.

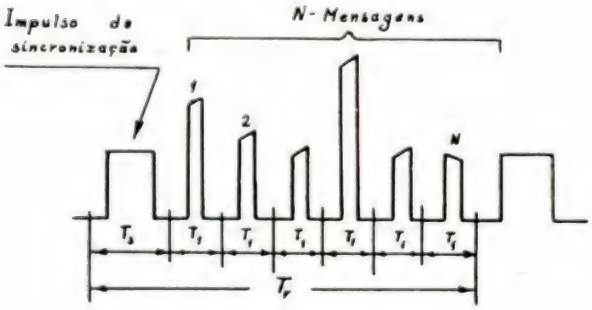


Fig. 22

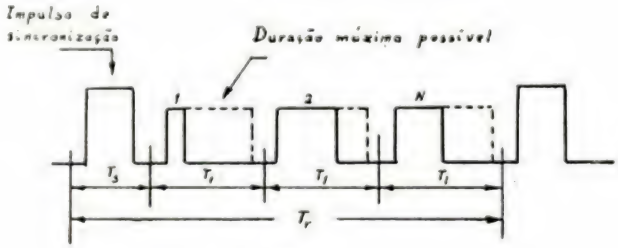


Fig. 23

Na Fig. 23 exemplifica-se este facto com sucessões de impulsos moduladas em duração.

Concluímos, assim, que o sistema de modulação em amplitude conduz a um melhor aproveitamento do tempo.

A estas vantagens opõe-se o facto do sistema considerado ser mais vulnerável ao ruído do que aqueles que utilizam sucessões moduladas no tempo.

Isto é, o tempo de ocorrência e a duração dum impulso são características menos sensíveis ao ruído do que a amplitude.

Teòricamente se os impulsos tivessem uma forma rectangular, os efeitos do ruído poderiam ser completamente eliminados por um selector de amplitudes, que apenas deixasse passar (Fig. 24) a porção de impulso compreendida entre os níveis N e M. Pràticamente, existe sempre uma alteração na ocorrência dos lados do impulso por estes apresentarem uma determinada inclinação.

Na modulação em amplitude, não se usando uma modulação de 100 %, é possível eliminar o ruído abaixo dum determinado nível N restando sempre aquele que corresponde ao topo do impulso (Fig. 25).

Estes factos levam a preferir a modulação no tempo em todos os casos em que as características do canal de transmissão acarretam a existência dum nível importante de ruído.

Somos assim conduzidos a outras formas de modulação (no tempo) que serão estudadas em seguida e cujos princípios teóricos são os mesmos da comunicação por meio de sucessões de impulsos moduladas em amplitude; simplesmente, cada dado é transmitido dum modo diverso.

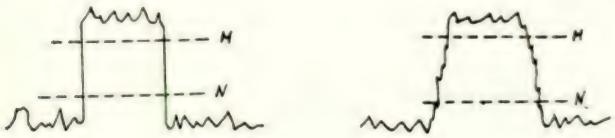


Fig. 24

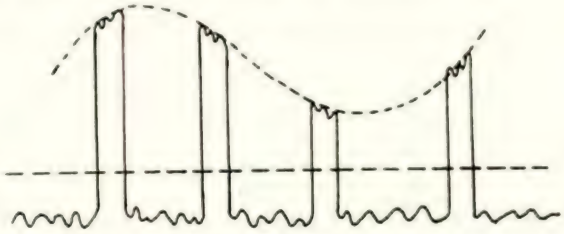


Fig. 25

Antes, porém, estudaremos um outro sistema de comunicação por impulsos, bastante prometedor, o qual utiliza como base a modulação em amplitude e é teòricamente livre das formas habituais de ruído.

O princípio deste sistema é o seguinte:

1) Inicialmente utiliza uma sucessão de impulsos modulada em amplitude.
2) Cada impulso é quantificado.

Entende-se por «quantificação» a operação pela qual cada impulso do amplitude E_N

$$N\Delta - \frac{\Delta}{2} + E < E_N < N\Delta + \frac{\Delta}{2} + E \qquad (35)$$

é substituído por um impulso de amplitude $N\Delta + E$.

3) A amplitude $N\Delta + E$ é transmitida por um código que faz corresponder a N um grupo de impulsos característico do código.
4) Estes impulsos são transmitidos, reconstituindo-se do grupo recebido a amplitude $N\Delta + E$.
5) Constitui-se assim uma sucessão de impulsos que é desmodulada como se fosse uma sucessão modulada em amplitude utilizando, portanto, um filtro passa-baixas de banda de transmissão F.

* * *

Por princípio este sistema assenta numa aproximação que fìsicamente se traduz na medida duma amplitude com um erro absoluto de $\Delta/2$. Desde que Δ seja pequeno, em relação à amplitude máxima do sinal, a distorsão reduz-se a valores insignificantes.

Relativamente à influência do ruído, este só afectará a transmissão se destruir um ou mais elementos do grupo transmitido, devendo notar-se que uma perturbação deste tipo tem aqui menos importância do que um erro numa transmissão telegráfica de símbolos, pois representa apenas a alteração dum dado duma mensagem $S_F(t)$ que é apreciada pelo somatório dum número elevado de funções elementares (2 F T), sendo T a duração da mensagem.

Tirando este aspecto, o sistema é insensível às formas habituais de ruído, pois que apenas se exige o reconhecimento dos elementos do grupo transmitido, sendo sempre possível regenerar em qualquer fase da transmissão um conjunto exactamente igual ao original.

Posto isto, estudaremos no próximo capítulo a distorsão resultante da quantificação e outros aspectos afins de interesse prático.

(Continua)

C. D. U. 621.331.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,4 % dos totais do País.*

ABRIL

I — Breve nota mensal

Devido à persistência dum regime hidrológico extremamente húmido continuaram a verificar-se neste mês importantes descarregamentos.

A empresa Companhia Eléctrica do Alentejo e Algarve passou a fazer parte do R. N. C.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1955	1956	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	138,9	157,7	+ 14
Produção térmica (P_t)	1,6	0,0	—100
Produção total (P_T)	140,5	157,7	+ 12
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	39,7	42,7	+ 8
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	98,7	110,2	+ 12
Consumo total (C_T) . . . . (1)	138,4	152,9	+ 10

b) Acumulados desde 1 de Janeiro

	1955	1956	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	561,3	673,7	+ 20
Produção térmica (P_t)	20,3	3,3	— 84
Produção total (P_T)	581,6	677,0	+ 16
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	138,7	171,0	+ 23
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	424,8	486,2 (2)	+ 14
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	563,5	657,2	+ 17

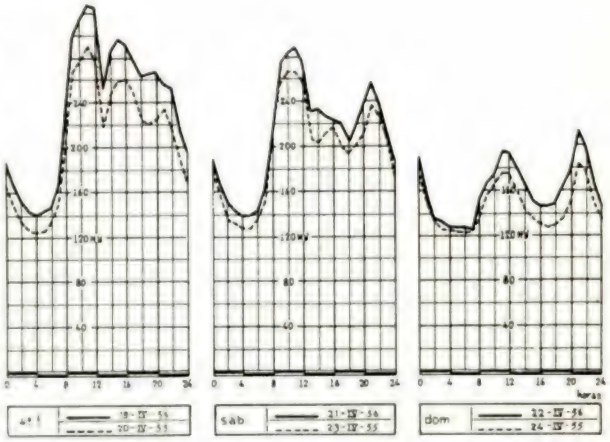
Notas:

(1) Vidé nota correspondente ao mês de Janeiro.

(2) Obtido depois de corrigido o valor acumulado no mês anterior.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira:	
	20-4-955	18-4-956
Produção hidráulica (P_h) — MWh	5007	5816
Produção termica (P_t) — MWh . .	40	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	5047	5816
Utilização da ponta (U) — horas	17,4	17,2
Factor de carga (α)	0,72	0,72
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,42	0,41



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

Albufeira	Energia armazenada	
	GWh	% (1)
Venda Nova	129,8	98,9
Salamonde	27,2	97,5
Caniçada	32,6	97,2
Guilhofrei	8,3	100,0
Lagoa Comprida	29,5	100,0
Santa Luzia	33,9	100,0
Cabril	327,1	98,7
Castelo do Bode	163,7	99,8
Pracana	10,3	99,6
Póvoa	11,1	96,9
Total	786,9	99,1

Nota:

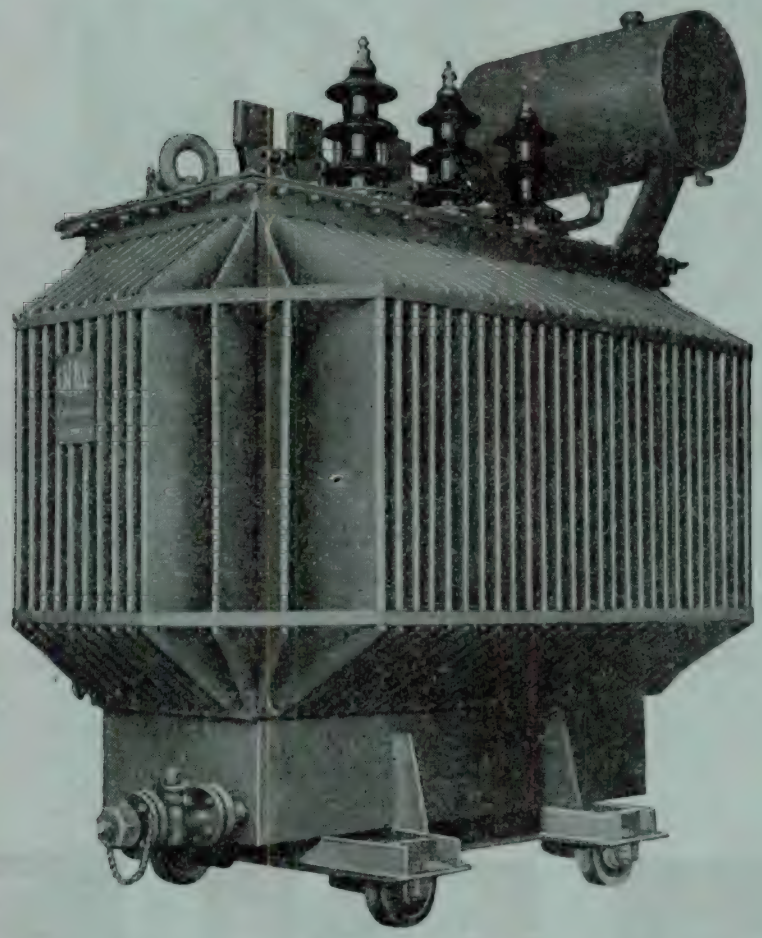
(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido como se indica na nota correspondente ao mês de Janeiro.

EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELECTRICA
S. A. R. L.
AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

TRANSFORMADORES

ENAE

Licença SIEMENS-SCHUCKERT

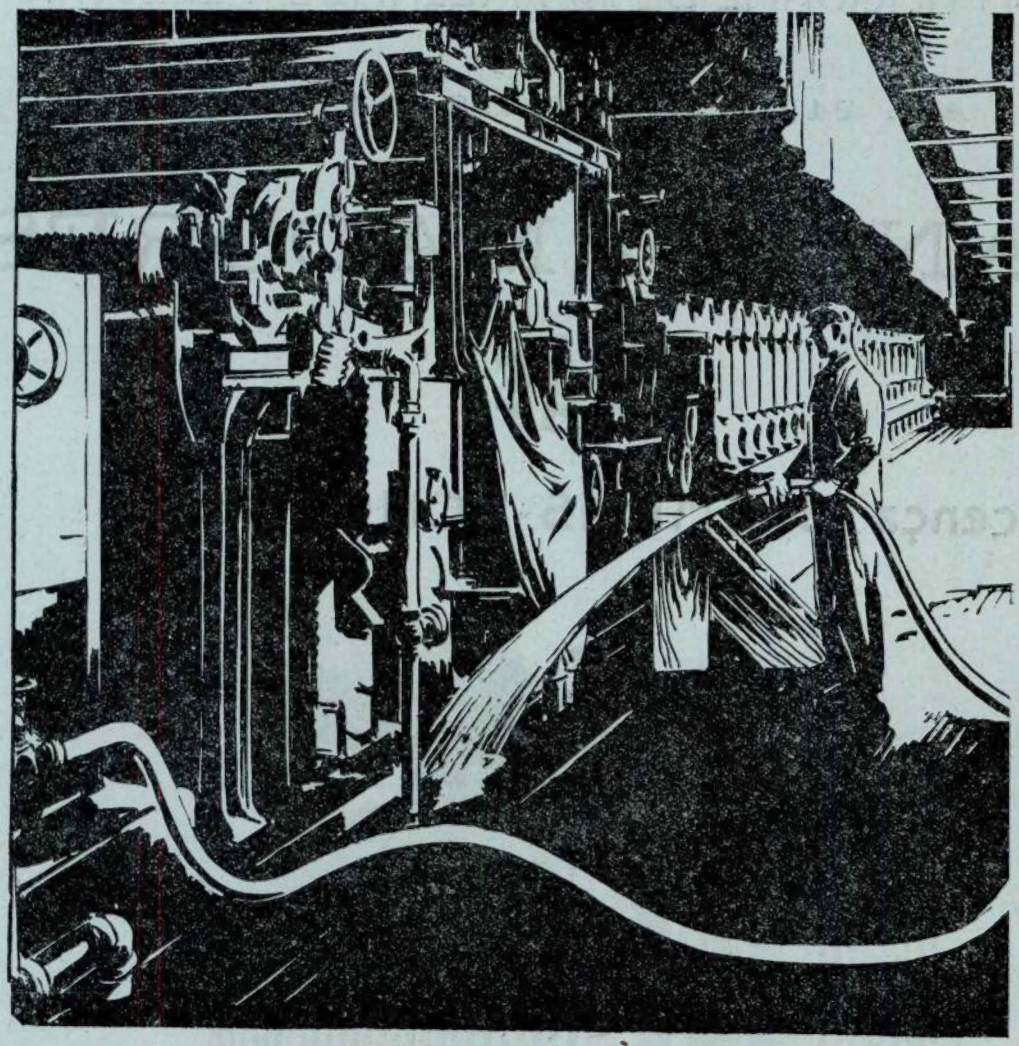


Tipo sKOU 753w/20, de 750 kVA, 15.000 ± 2,5 ± 5 % V/400-231/V, ligações Dy 5
construído para a Central da Bouçã, da H. E. Z.

GAMA DE POTENCIAS: 5 a 1000 kVA — TENSÕES ATE 35 KV

Obedecendo às regras VDE 0532 para transformadores

Séries normal e rural, de perdas reduzidas, e especial, de perdas extra reduzidas



Mangueiras com arame é uma velharia

—

O arame é uma má defesa das mangueiras ordinárias sujeitando as a cortes e a deformações permanentes

As mangueiras **GOODYEAR** são mangueiras modernas

Não precisam de arame — resistem por si próprias

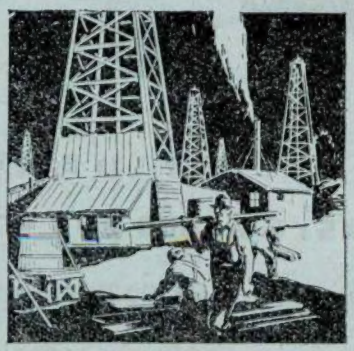
Distribuidores Exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, LIMITADA**

Telefones { *2 5058* / *2 4502* / *2 1729* }

RUA DOS FANQUEIROS, 46

LISBOA

Telegramas: CANELASCO



C. D. U. 55 (469)

GEOLOGIA E HIDROLOGIA GERAL DO PAÍS[1]

PELO ENG.º DE MINAS (I. S. T.) DÉCIO THADEU
Professor do I. S. T.

O tema que nos foi pedido para expor nesta curta prelecção, intitula-se «Geologia e hidrologia geral do País». É assunto extraordinàriamente vasto e que não pode ser apresentado, como conviria, em tão escasso tempo. Limitar-nos-emos, pois, à indicação das características fundamentais da geologia e da hidrologia portuguesa.

Faremos, além disso, em primeiro lugar, breve exame das condições climatológicas e morfológicas, visto serem estas que determinam as precipitações atmosféricas que fornecem a água para a circulação subterrânea.

Daremos por alcançado o nosso objectivo se esta exposição puder constituir introdução útil para estudos hidrológicos mais pormenorizados.

1. Características climatológicas e morfológicas

O clima português resulta do encontro de duas influências: a mediterrânea e a atlântica. É, deste modo, um clima sujeito a grandes irregularidades. Durante o verão predomina a primeira e durante o inverno a última daquelas influências. Nas estações intermédias, outono e primavera, assiste-se ao embate das duas, até que prevalece uma ou outra.

No estio, a influência mediterrânea domina sobre toda a Península Ibérica; resulta daí que aquela estação é caracterizada por elevada temperatura, forte insolação e ausência de chuvas. Todavia, dado o carácter maciço da Península, há certa irregularidade mesmo dentro das estações melhor definidas.

Assim, durante o verão verifica-se uma luta pelo predomínio entre as depressões saharianas e as que se desenvolvem no interior da Península, ambas muito secas e quentes.

Se é a depressão sahariana que se atenua, originam-se brisas marinhas que suavizam a temperatura e conferem, nas zonas periféricas da Península, alguma humidade à atmosfera. Pelo contrário, quando é a depressão peninsular que se atenua, em relação à sahariana, os ventos correm do interior para a periferia, extremamente secos e quentes; as caraeterísticas citadas acima, da influência mediterrânica, atingem o máximo: são as grandes estiagens.

O inverno, caracterizado pelo frio e por chuvas mais abundantes, é determinado pela influência atlântica, contrabalançada, ainda, pelas características de pequeno continente da Península.

Na realidade, a influência atlântica é traduzida pela série de ciclones, originados no Atlântico, que se deslocam para Leste, ao longo da bacia mediterrânica. São as correntes de ar húmido e de temperatura suave, dos quadrantes ocidentais, que originam as chuvas em Portugal.

Porém, esta influência benéfica não se instala sem dificuldades. A ela se opõem as massas de ar frio do interior da Península, que criam centros de pressão elevada, originando os ventos secos e frios, que provocam as grandes geadas. É esta luta de influências opostas que explica o facto de as chuvas de inverno trazerem consigo uma amenização da temperatura.

A estação pluviosa é, pois, o inverno, visto ser nesta quadra que a influência atlântica exerce maior predomínio. É a entrada do inverno que, normalmente, vê cair a maior quantidade de chuvas, seguida pela da primavera que, em grande parte do País, corresponde a um máximo secundário das precipitações. Durante os meses de Julho e Agosto é frequente a ausência total de chuvas.

Não é só no tempo que as chuvas mostram distribuição tão irregular; o mesmo se verifica na distribuição geográfica. Para verificar este facto basta deitar uma vista de olhos à *Carta pluviométrica de Portugal.*

Assim, as precipitações acima de 800 mm estão

---

[1] A presente exposição constituiu assunto de duas prelecções, incluídas no Curso de Aperfeiçoamento de Engenharia Sanitária para Engenheiros Municipais, realizadas no *Instituto Superior de Higiene Dr. Ricardo Jorge*, em Novembro de 1954.

quase circunscritas à metade do País a norte do rio Tejo, com o máximo, acima de 2.500 mm, no noroeste. O mínimo de pluviosidade localiza-se no litoral sul e no interior da metade norte do País, no vale do rio Côa, com precipitações inferiores a 400 mm.

Este carácter de irregularidade da distribuição das chuvas sobressai quando se examina o contorno caprichoso das áreas de igual pluviosidade.

A irregularidade não provém, ùnicamente, da alternância das influências atlântica e mediterrânica; resulta, também, do carácter das precipitações do nosso País. Na verdade, estas são do tipo denominado *chuvas de relevo*; isto é, derivam do embate das correntes de ar húmido, provindas dos quadrantes ocidentais, com as massas montanhosas do País. Daqui, resulta, por um lado, que as zonas de maior precipitação coincidem com as de maior elevação e, por outro lado, que a diminuição das precipitações se acentua à medida que nos afastamos do litoral.

Esta interdependência entre a pluviosidade e o relevo, bem evidenciada pelo confronto da *Carta pluviométrica* com a *Carta hipsométrica de Portugal*, permite caracterizar as grandes unidades geográficas naturais em que se divide o País: Norte atlântico, Norte transmontano e Sul mediterrânico.

O Norte atlântico e o Norte transmontano caracterizam-se pela concentração das terras altas, com relevos acima de 1.000 m, um pouco por toda a parte; distinguem-se, entre si, pela pluviosidade.

É o Norte atlântico, englobando o Minho, o Douro Litoral, a parte ocidental da Beira Alta e da Beira Baixa, que recebe as maiores quantidades de chuvas, em contraste com o Norte transmontano, compreendendo Trás-os-Montes e a parte oriental da Beira Alta. Um dos mínimos de precipitação localiza-se, como dissemos, no vale do rio Côa.

Esta oposição entre o Norte atlântico e o Norte transmontano provém, precisamente, da disposição do relevo. As massas de ar húmido, vindas do Atlântico, perdem a maior parte da humidade, por condensação, sobre as vertentes ocidentais da corda de serras que desde a Peneda se estende até o Maciço central, englobando as serras Amarela, Gerez, Alturas do Barroso, Alvão, Marão, Montemuro, Gralheira e Caramulo. Daqui resulta que o Norte transmontano, mau grado a extensão que aí têm as terras elevadas, apresenta menor pluviosidade; constitui uma região fechada, «para lá daquelas serras», onde a influência atlântica só consegue penetrar algo pelo vale amplo do rio Mondego.

No Sul mediterrânico, abrangendo a Estremadura, o Ribatejo, o sudeste da Beira Baixa, o Alentejo e o Algarve, têm o máximo desenvolvimento as terras baixas, de cota inferior a 400 m, aplanadas, onde sobressai, de quando em quando, um relevo isolado, como sejam as serras de São Mamede, de Monchique e do Caldeirão.

A pluviosidade é bem menor que a norte do Tejo e concentra-se sobre os poucos relevos existentes — em torno da Serra de São Mamede, sobre o planalto de Évora e, ao sul, sobre as serranias do Algarve; uma faixa estreita, paralela à costa ocidental, com alguma chuva mais, traduz a influência das elevações do Cercal e de Grândola.

A ausência de relevos importantes no Sul mediterrânico determina a falta de abundantes chuvas de relevo, ao mesmo tempo que deixa campo livre à acção nefasta das massas de ar quente e seco ou frio e seco, originadas no interior da Península.

É possível distinguir, dentro das regiões acabadas de citar, unidades geográficas mais restritas; porém, não entraremos nesse pormenor, pois levar-nos-ia demasiado longe, com sacrifício do equilíbrio que pretendemos dar a esta exposição.

2. Características geológicas

Apontadas, embora sumàriamente, as características climatológicas do País e a influência que nelas exerce a morfologia, vamos examinar a constituição do subsolo.

O território nacional é formado por três grandes unidades geológicas: Maciço Hespérico, Orlas meso-cenozóicas e Bacias do Tejo e do Sado.

O Maciço Hespérico, também denominado Maciço Antigo e, embora impròpriamente, Meseta Ibérica, é a unidade mais antiga; ocupa grande parte do ocidente da Península. Possui configuração grosseiramente triangular, tendo por vértices o noroeste da Galiza, a extremidade sudoeste do Algarve e a zona oriental da Serra Morena.

É constituído por formações ante-mesozóicas, onde predominam largamente as rochas graníticas e xistentas, aqui e ali recobertas por pequenos retalhos de formações continentais bastante mais recentes.

Entre as formações de origem sedimentar mais antigas que aí se encontram está a série dos Xistos argilosos das Beiras ou, mais pròpriamente, do Complexo xisto-grauváquico.

A idade desta formação, difícil de precisar, pois é paleontològicamente estéril, é sem dúvida ante-ordovicina e, provàvelmente, ante-câmbrica. É possível que represente os primeiros depósitos da base do Paleozóico, do sistema Infracâmbrico.

Inferiormente ao Câmbrico fossilífero de Vila Boim (Georgiano superior) encontra-se concordante, espessa série de xistos e grauvaques, sem fósseis, semelhantes litològicamente ao Complexo xisto-grauváquico.

Tal como as camadas georgianas de Vila Boim o Complexo xisto-grauváquico contacta discordantemente, nalguns pontos, com terrenos cristalofílicos, de fácies «arcaica»; é o que se pode verificar nas proximidades de Coimbra. Por outro lado, na região entre o Caramulo e o noroeste do País, aquele complexo encerra intercalações de grés e de conglomerados, denotadores de uma fase transgressiva, orientados na direcção NW-SE, que não foram referenciados nem para oriente nem para nordeste.

Estes factos parecem confirmar a existência de um antigo continente a ocidente — de que seriam testemunhos possíveis os Ilhéus Farilhões e os retalhos de formações cristalofílicas do Alentejo e, pelo menos em parte, da região de Abrantes e Coimbra, — sobre o qual teria avançado uma transgressão marinha ante-câmbrica, vinda de oriente ou de sudeste.

Outros afloramentos importantes de fácies cristalofílica são conhecidos nos distritos de Aveiro e do Porto, no Minho e em Trás-os-Montes. Todavia, estudos recentes parecem demonstrar que se trata quer de rochas do Complexo xisto-grauváquico, quer de formações paleozóicas metamorfizadas.

Assim, parece ser num geossinclinal, marginando um continente ocidental antecâmbrico, que se vieram depositar os sedimentos do Complexo xisto-grauváquico e, mais tarde, os do Câmbrico.

Este geossinclinal deve ter desaparecido ou ter sido muito reduzido a ocidente, por acção orogénica, no Câmbrico superior, visto a ausência do Potsdamiano. No nosso território actual, ele deu lugar a um mar epicontinental, confinante com um continente erodido e arrasado, onde viram depositar-se as formações gresoso-quartzíticas de Ordoviciano inferior.

Com a orogenia do Câmbrico superior podem relacionar-se, talvez, as intrusões que deram origem aos granitos do Porto e de Portalegre. O primeiro metamorfizou o Complexo xisto-grauváquico e são ambos anteriores ao Ordoviciano.

As formações do Silúrico e do Devónico inferior traduzem as vicissitudes do citado mar epicontinental. Assim, enquanto a base do Ordoviciano se apresenta, por toda a parte, gresoso-quartzítica, denotando fundos baixos e terras emersas nas proximidades, o Ordoviciano médio é constituido por uma espessa série xistenta, indicadora de maior profundidade. Na passagem do Ordoviciano para o Gotlandiano voltam a depositar-se formações gresosas, que são, progressivamente, substituídas por formações xistosas no Gotlandiano médio. Seguem-se, outra vez, depósitos grosseiros na passagem do Silúrico para o Devónico; pouco depois a profundidade do mar aumenta e originam-se xistos argilosos finos e, em alguns pontos, calcários dolomíticos.

Verifica-se, deste modo, que durante o Silúrico e o Devónico inferior a profundidade do mar variou de modo sensìvelmente rítmico.

Ao Devónico médio corresponde grande lacuna; o Devónico superior está representado, ùnicamente, pelos Xistos com Nereites, de idade fameniana, ainda de fácies marinha, que podem incluir camadas frasnianas.

O Devónico inferior só existe ao norte do maciço cristalofílico-eruptivo de Évora, enquanto o Devónico superior se circunscreve à região a sul e a ocidente daquele maciço.

A ausência do andar médio e a distribuição dos afloramentos dos andares inferior e superior, obriga-nos a admitir importante actuação orogénica durante o Devónico médio.

As regiões a norte do maciço de Évora teriam, então, emergido definitivamente, enquanto a zona a sul se deprimia, dando lugar à deposição dos sedimentos xistentos do Fameniano, seguidos pelos sedimentos marinhos xisto-grauváquicos e, por vezes, calcários do Carbónico inferior. Quere dizer, o mar epicontinental reduz-se às regiões meridionais do nosso País.